



**Теория и практика  
современной науки**  
№8(122) август 2025

ISSN 2412-9682

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

# **«Теория и практика современной науки»**

<http://www.modern-j.ru>

**ISSN 2412-9682**

Свидетельство о регистрации средства массовой коммуникации  
Эл № 61970 от 02.06.2015г.

Выпуск № 8(122) август, 2025.

Журнал размещается на сайте Научной электронной библиотеки  
на основании договора 435-06/2015 от 25.06.2015

© Институт управления и социально-экономического развития, 2025

**Редакционный совет:**

Абдалова С.Р., кандидат педагогических наук, доцент,  
Абдуллаева З.Ш., доктор философии (PhD) по физико-математическим наукам,  
Абдуллаева Г. С., доктор педагогических наук (DSc),  
Абдураманова Д.В., доктор философии по филологическим наукам (PhD),  
Азимова С.Б., доктор медицинских наук, доцент,  
Айтмуратова У.Ж., PhD экономических наук,  
Ахмеджонов Д.Г., доктор технических наук, доцент,  
Ахраров Б.С., доктор философии по педагогическим наукам,  
Базарбаева Д.О., доктор философии по биологическим наукам (PhD),  
Балтабаева А.М., доктор PhD по филологии, доцент,  
Бердиев У.Т., кандидат технических наук, профессор,  
Боймуродов А.Х., доктор философии по педагогическим наукам (PhD),  
Вестов Ф. А., кандидат юридических наук, профессор,  
Джуманова А.Б., кандидат экономических наук, доцент,  
Есемуратова Р.Х., доктор философии по биологическим наукам (PhD),  
Есимбетов Руслан Максетбаевич, доктор философии по биологическим наукам(PhD), доцент,  
Жугинисов Т.И., доктор биологических наук, профессор,  
Жуманов З.Э., доктор философии по медицинских наукам (PhD), доцент,  
Зарайский А.А., доктор филологических наук, профессор,  
Камалов А.Ф., доктор философии по педагогическим наукам (PhD),  
Кидирбаев Б.Ю., доктор философии по архитектурным наукам (PhD), доцент,  
Кидирбаева А.Ю., доктор философии по биологическим наукам (PhD),  
Кадирова З.З., доктор философии по филологическим наукам (PhD),  
Кораяев С.Б., доктор педагогических наук, доцент,  
Краснова Г.М., доктор философии по педагогическим наукам (PhD), доцент  
Курбаниязов Б.Т., доктор философии по биологическим наукам (PhD),  
Курбанова А.И., кандидат биологических наук, доцент,  
Мавлянов А., кандидат физико-математических наук,  
Мадрахимов У.С., доктор философии (PhD) по физико-математическим наукам, доцент,  
Мамадиярова Д.У., доктор философии по психологических наукам (PhD),  
Мамбеталиев К.А., доктор философии по филологическим наукам (PhD),  
Маткаримова Д.С., доктор медицинских наук, доцент,  
Махкамова Н.У., кандидат педагогических наук, доцент,  
Машаев Э., доктор философии по химическим наукам (PhD), доцент,  
Мирзабеков М.С., доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент,  
Муминжоновна М.Г. доктор философии по педагогическим наукам,  
Мухаммадиев К.Б., доктор философии педагогических наук (PhD), доцент,  
Назарова Н.Б., кандидат медицинских наук,

Неъматов Б.И., доктор философии по педагогическим наукам (PhD),  
доцент,  
Низамиддинов Д., доктор филологических наук, профессор,  
Орлова Т.А., доктор педагогических наук (DSc),  
Отахонова Б.И., доктор философии по техническим наукам (PhD),  
Палванов Б.Ю., доктор философии по технических наукам (PhD),  
Пирниязов И. К., кандидат педагогических наук, доцент,  
Палуаниязова Д.А., доктор философии по биологическим наукам (PhD),  
Постюшков А.В., доктор экономических наук, профессор,  
Ражабова И.Т., доктор философии по филологическим наукам (PhD)  
Рахимбаева Д.А., кандидат философских наук, доцент,  
Рузметова Д.К., доктор философии по педагогическим наукам (PhD),  
Саитова А.К., кандидат биологических наук, доцент,  
Салиева М.Х., кандидат медицинских наук, доцент,  
Смирнова Т.В., доктор социологических наук, профессор,  
Султанов Т.М., доктор философии по педагогическим наукам (PhD),  
Талипджанов А.И., кандидат педагогических наук, профессор,  
Глеубергенов Р.Ш., кандидат экономических наук,  
Тожибоева Г.Р., доктор философии по педагогическим наукам,  
Тягунова Л.А., кандидат философских наук,  
Федорова Ю.В., доктор экономических наук, профессор,  
Халикова Э.С., доктор философии по филологическим наукам (PhD),  
Хидоятова З.Ш., кандидат биологических наук, доцент,  
Хожиева Ш.Х., доктор философии по филологическим наукам (PhD),  
доцент,  
Худайбердиев М.Х., доктор технических наук, профессор,  
Худайбергенов Я.К., доктор философии физико-математических наук  
(PhD),  
Шошин С.В., кандидат юридических наук,  
Эгамбердиев Н.А., доктор философии по техническим наукам,  
Эрназаров Г.Н., доктор философии по педагогическим наукам (PhD),  
доцент,  
Эшнаев Н.Ж. кандидат философских наук.

## THE RELATIONSHIP BETWEEN LEADERSHIP STYLE AND TEAM PERFORMANCE IN MODERN ORGANIZATIONS

**Abstract:** *This theoretical study examines the complex, contingent relationship between leadership styles and multidimensional team performance in modern organizations. It establishes that transformational leadership primarily drives innovation and adaptability, transactional leadership ensures operational efficiency, servant leadership fosters well-being and cohesion, and democratic approaches enhance satisfaction and ownership. Crucially, no universal optimal style exists; effectiveness depends on contextual congruence between leader behaviors and situational demands moderated by task characteristics, team composition, organizational environment, and follower attributes. The analysis underscores contextualized leadership requiring diagnostic acuity and behavioral flexibility as essential for synchronizing competing performance dimensions. Modern imperatives further amplify contingency. For Russian organizations navigating socio-economic transitions, strategic leader development emphasizing contextual adaptation, not prescriptive models, is proposed as vital for sustainable performance. Future empirical validation within Russia's distinct context is recommended.*

**Keywords:** *Leadership Style, Team Performance, Contingency Theory, Organizational Adaptability, Behavioral Flexibility*

### Introduction

The contemporary organizational landscape, characterized by escalating global competition and rapid technological advancement, demands exceptional team performance as a fundamental determinant of sustainable success. At the heart of this performance lies the dynamic interplay between leadership style and collective team outcomes. Leadership style is conceptually defined as the consistent, observable pattern of behaviours exhibited by an individual in guiding, influencing, and motivating followers towards shared objectives. Team performance, conversely, represents a multidimensional construct encompassing not only task efficiency and effectiveness measured through productivity, quality of output, and goal attainment but also critical factors such as capacity for innovation, adaptability to change, and levels of member satisfaction and cohesion[1]. The interface between the leader and the team constitutes a critical nexus where strategic intent translates into operational reality, making its efficacy paramount for organizational vitality.

Understanding the precise mechanisms through which diverse leadership styles impact these varied dimensions of team performance presents a significant

and unresolved research problem within management science. The significance of this inquiry extends beyond theoretical interest; it holds substantial practical implications for enhancing organizational resilience, optimizing human capital utilization, and driving competitive advantage in complex, often volatile, markets. This is particularly relevant within evolving economic contexts, such as Russia's, where organizational adaptability is crucial. Consequently, this paper aims to systematically theorize the relationship between predominant leadership paradigms including transformational, transactional, servant, authoritarian, and democratic styles and core facets of team performance within modern organizational settings. The scope is deliberately focused on establishing a robust theoretical framework exploring these causal linkages and their contingent nature, explicitly excluding empirical validation or comprehensive literature synthesis at this stage. This foundational analysis seeks to provide a structured conceptual map for future research and informed managerial practice.

### **Theoretical Framework: The Structural and Contingent Nature of Leadership Styles**

The theoretical examination of leadership styles necessitates a foundational understanding rooted in the enduring behavioral dichotomy between task orientation and relationship orientation. This fundamental distinction captures the essential tension in leadership behavior: the imperative to achieve objectives efficiently against the need to cultivate supportive interpersonal dynamics and maintain group cohesion. Task-oriented leadership emphasizes structure, clear role definition, close monitoring of performance, and the efficient execution of predefined goals. In contrast, relationship-oriented leadership prioritizes trust-building, open communication, recognizing individual contributions, and fostering a collaborative and psychologically safe environment. This dichotomy is not merely descriptive but provides the underlying structural logic upon which more complex, contemporary leadership paradigms are constructed and understood within organizational theory.

Building upon this foundation, several predominant leadership styles have emerged as particularly salient for understanding influence within modern organizational contexts. Transformational leadership transcends basic transactional exchanges by inspiring followers through a compelling vision, stimulating intellectual engagement, providing individualized consideration, and fostering intrinsic motivation towards collective aspirations beyond immediate self-interest. Its efficacy often lies in mobilizing teams towards innovation and navigating complex change. Transactional leadership, conversely, operates through a clear system of contingent rewards and corrective actions, emphasizing the fulfillment of agreed-upon responsibilities and maintaining predictable performance standards through structured exchanges[2]. This style underpins stability and reliability in achieving operational targets. Servant leadership fundamentally reorients the leader-follower dynamic by prioritizing the growth, well-being, and empowerment of team members above the leader's own self-interest. Leaders adopting this paradigm focus on facilitating development, removing obstacles, and fostering a strong sense of

community and ethical responsibility, thereby enhancing long-term commitment and collective capability. Democratic or participative leadership actively involves team members in decision-making processes, values diverse input, and seeks consensus or majority agreement. This approach leverages collective intelligence, enhances ownership of decisions, and typically strengthens member satisfaction and commitment, although it may require more time. Laissez-faire leadership, characterized by minimal intervention and abdication of responsibility, serves primarily as a contrast point, often highlighting the negative consequences of leadership absence on coordination and accountability.

Critically, the theoretical discourse rejects the notion of a universally optimal leadership style. The contingency perspective asserts that leadership effectiveness is inherently context-dependent. The impact of any given style be it transformational, transactional, servant, or democratic is contingent upon moderating variables. Task characteristics, such as complexity, ambiguity, and urgency, significantly shape the appropriateness of a leadership approach. Similarly, team characteristics, including maturity, skill diversity, cultural composition, and established norms, mediate a leader's influence. The broader organizational context, encompassing culture, structural rigidity or flexibility, technological sophistication, and external environmental volatility, further constrains or enables leadership effectiveness. Finally, follower characteristics, such as experience levels, intrinsic motivation, cultural values, and specific needs, determine receptivity to different leadership behaviors. Therefore, theoretical understanding progresses from identifying discrete styles towards analyzing the dynamic interplay between leader behaviors and the multifaceted situational demands they encounter. True leadership efficacy within complex modern organizations stems not from rigid adherence to a single paradigm but from the leader's diagnostic capacity to discern contextual imperatives and behavioral flexibility to adapt their approach accordingly, often integrating elements across the foundational task-relationship spectrum. This contingent understanding forms the essential theoretical lens for examining leadership's impact on team performance.

### **The Contingent Interplay: Leadership Styles and the Multifaceted Nature of Team Performance**

Team performance constitutes a complex, multidimensional construct essential for organizational viability, extending beyond simplistic metrics of output. Effective performance integrates operational reliability and task efficiency manifested through productivity, quality adherence, and consistent goal attainment with dynamic capabilities including innovation generation, adaptive responsiveness to environmental shifts, and sustained levels of member satisfaction, cohesion, and psychological safety. These dimensions are interdependent; high satisfaction often fuels innovation, while reliable efficiency underpins adaptive capacity. The leader's behavioral patterns, conceptualized as leadership style, serve as a primary catalyst influencing the activation and synergy of these distinct yet interconnected performance facets.

The theoretical relationship between specific leadership paradigms and performance outcomes is neither linear nor universal but operates through discernible, contingent pathways. Transformational leadership, through its emphasis on inspirational vision and intellectual stimulation, demonstrably correlates with heightened team innovation and adaptability. By fostering intrinsic motivation and challenging conventional thinking, such leaders cultivate environments conducive to novel solutions and resilience during organizational transitions. However, an exclusive focus on transformation may occasionally introduce complexity that temporarily impedes operational efficiency in highly structured, routine tasks[3]. Transactional leadership, grounded in contingent reward systems and active management-by-exception, provides the clarity and structure essential for predictable efficiency and goal reliability. Its explicit reinforcement mechanisms ensure task focus and accountability, yet an over-reliance on transactional exchanges can potentially constrain creative initiative and intrinsic motivation, particularly in contexts demanding exploratory problem-solving.

Servant leadership, prioritizing follower development and empowerment, exerts profound influence on the socio-psychological dimensions of performance. By actively removing barriers, facilitating growth, and nurturing a strong ethical community, servant leaders significantly enhance member satisfaction, long-term commitment, and collective capability. This foundation of trust and support indirectly strengthens cohesion and can facilitate smoother adaptive processes, though its emphasis on consensus may occasionally slow decision velocity in urgent scenarios. Democratic leadership directly leverages collective intelligence through participative decision-making, fostering high levels of ownership, satisfaction, and often yielding innovative outcomes through diverse input. Its inherent inclusivity strengthens team cohesion but necessitates sufficient time resources, potentially impacting efficiency under severe time constraints. Authoritarian leadership, while frequently detrimental to satisfaction and innovation, can provide decisive direction and rapid task execution beneficial in genuine crises or situations demanding unambiguous, centralized control. Critically, the efficacy of any leadership style in eliciting desired performance outcomes is fundamentally moderated by key contextual variables. Task characteristics are paramount; complex, ambiguous tasks often necessitate empowering, transformational, or servant-oriented approaches to unlock creativity and adaptation, whereas simple, routine tasks with high urgency may align better with transactional or temporarily directive styles. Team characteristics, encompassing maturity, skill heterogeneity, cultural diversity, and pre-existing cohesion levels, significantly mediate leader influence. A highly skilled, mature team thrives under empowering styles, while a newly formed or inexperienced group may require more initial structure. The broader organizational context, defined by cultural norms, structural rigidity or flexibility, technological embeddedness, and the degree of external environmental turbulence, creates enabling or constraining conditions for leadership effectiveness[4]. Finally, follower characteristics including individual values, experience, motivational drivers, and

cultural expectations determine receptivity to specific leader behaviors. A leader's directive approach may align with followers valuing hierarchy yet clash with those prioritizing autonomy.

Therefore, the core proposition advanced is that effective leadership for optimal multidimensional performance resides not in dogmatic adherence to a singular style but in strategic behavioral adaptability. Leaders must develop acute diagnostic capabilities to accurately assess the interplay of task demands, team composition, organizational climate, and follower expectations. Mastery involves the conscious calibration of behavior along the foundational task-relationship continuum and across stylistic paradigms, dynamically adjusting emphasis to meet the contingent demands of the situation. This capacity for contextualized adaptation represents the sophisticated leadership capability most likely to synchronize the often-competing dimensions of efficiency, innovation, adaptability, and member well-being, thereby driving sustainable team performance in the complex reality of modern organizations. The theoretical model thus emphasizes leadership as a dynamic, contingent practice rather than a fixed set of traits.

### **Modern Organizational Imperatives: Contextual Complexity in Leadership Dynamics**

The evolving contours of modern organizations introduce critical contingencies that fundamentally reshape the leadership style-team performance relationship. These imperatives demand nuanced theoretical consideration beyond traditional frameworks. The pervasive shift towards remote and hybrid work models profoundly alters the leader-team interface. Physical separation necessitates heightened reliance on digital communication, challenging leaders to sustain trust, ensure clarity, and maintain cohesion without face-to-face interaction. Leadership styles emphasizing explicit communication, psychological safety, and outcome-based trust such as dimensions of transformational or servant leadership gain theoretical prominence, while approaches dependent on direct oversight face significant limitations. This environment amplifies the necessity for leaders to consciously foster connection and articulate purpose across dispersed teams, making relationship-oriented behaviors and technological fluency essential components of effective influence. Concurrently, the increasing prevalence of diverse and cross-cultural teams introduces complex dynamics into the leadership equation. Heterogeneity in cultural backgrounds, values, communication norms, and problem-solving approaches necessitates leadership adaptability far exceeding homogeneous contexts. Leaders must navigate potential fault lines, leverage diverse perspectives as catalysts for innovation, and cultivate an inclusive climate where varied contributions are valued and integrated[5]. Styles demonstrating cultural intelligence, flexibility, and a capacity for integrating differing viewpoints elements inherent in democratic and servant leadership paradigms become theoretically crucial for unlocking the performance potential of diverse teams, moving beyond mere representation towards effective collective functioning.

The accelerating pace of change across industries elevates organizational agility and innovation from competitive advantages to existential necessities. This

imperative privileges leadership styles capable of fostering adaptive capacity, psychological safety for experimentation, and continuous learning. Transformational leadership's emphasis on challenging the status quo and intellectual stimulation, alongside servant leadership's focus on empowerment and participative leadership's leveraging of collective intelligence, emerge as theoretically vital for driving the exploratory behaviors and rapid iteration underpinning sustained innovation and responsiveness. Furthermore, the heightened focus on employee well-being and sustainable engagement represents a significant modern imperative, recognizing their intrinsic value and critical role as antecedents to long-term performance. Leadership behaviors directly impacting psychological safety, work-life integration, recognition, and perceived support core tenets of servant and relationship-oriented transformational styles gain theoretical significance. Leaders who authentically prioritize follower well-being contribute to mitigating burnout, enhancing resilience, and fostering the intrinsic motivation that fuels discretionary effort and commitment, thereby underpinning sustained high performance. These modern imperatives collectively underscore that effective leadership is intrinsically contextually embedded. They necessitate a sophisticated theoretical understanding where leaders possess not only behavioral repertoire but also the diagnostic acuity to discern which elements of their style align with the specific demands posed by virtuality, diversity, the need for agility, and the imperative of well-being within their unique organizational ecosystem. The contingent nature of leadership effectiveness is thus amplified by these contemporary realities.

### **Conclusion**

This theoretical exploration establishes that the relationship between leadership style and team performance is inherently complex and non-deterministic. Core findings reveal that transformational leadership primarily enhances innovation and adaptability, transactional styles ensure operational efficiency and goal reliability, servant leadership fosters member well-being and long-term cohesion, while democratic approaches strengthen satisfaction and collective ownership. Authoritarian methods retain limited utility in specific crisis scenarios. Critically, these relationships are systematically moderated by task characteristics, team composition, organizational environment, and follower attributes. No universal leadership solution exists; effectiveness emerges from the congruence between leader behaviors and the specific constellation of situational demands.

The central synthesis underscores the criticality of contextualized leadership. Effective influence within modern organizations demands leaders transcend rigid adherence to any singular paradigm. Instead, mastery lies in developing diagnostic acuity the capacity to accurately assess the multifaceted operational milieu coupled with behavioral flexibility to strategically adapt style along the task-relationship continuum and across leadership paradigms. This contingent adaptability is paramount for synchronizing the often-competing dimensions of team performance: efficiency, innovation, adaptability, and member well-being. Leadership is thus reconceptualized as a dynamic, contingent practice responsive to systemic

complexity. For Russian managers and organizations navigating evolving economic structures and global integration pressures, these insights yield significant practical imperatives. First, cultivating leader diagnostic capability is essential. Organizations must implement frameworks and training enabling leaders to systematically evaluate task demands, team maturity, cultural dynamics within increasingly diverse workforces, and prevailing organizational climate. Second, fostering behavioral flexibility is crucial. Leadership development programs should move beyond prescriptive models towards cultivating a repertoire of behaviors, emphasizing the conscious calibration of directive, supportive, empowering, and inspirational actions based on contextual analysis. Third, organizational structures and cultures must evolve to support this adaptability. This entails moving towards flatter hierarchies where feasible, promoting psychological safety to enable authentic leader-team interactions, and embedding feedback mechanisms that facilitate continuous leadership adjustment. The integration of modern imperatives—managing virtual/hybrid collaboration, leveraging diversity for innovation, prioritizing agility, and safeguarding well-being further necessitates context-sensitive leadership strategies tailored to Russia's unique socio-economic transition and workforce demographics.

Conclusively, the path to optimized team performance within Russian organizations lies not in importing universal leadership formulas but in strategically developing leaders capable of nuanced contextual analysis and adaptive behavioral response. This theoretical contribution provides a structured framework for future empirical validation within the Russian context and underscores leadership adaptability as the cornerstone of sustainable organizational resilience and competitive capability in an increasingly volatile global landscape. Future research must rigorously test these contingent relationships within Russia's distinctive operational environments.

### References

1. Bhargavi S, Yaseen A. Leadership styles and organizational performance // Strategic Management Quarterly, 2016. T. 4(1). Pp. 87-117.
2. Igbaekemen G O. Impact of leadership style on organisation performance: A strategic literature review // Public Policy and Administration Research. 2014. T. 4(9). Pp. 126-135.
3. Cai J. Effects of leadership styles and organizational strategy to enhance performance efficiency // Journal of Enterprise and Business Intelligence. 2023. T. 3(1). Pp. 12-22.
4. Al Rahbi D, Khalid K, Khan M. The effects of leadership styles on team motivation // Academy of Strategic Management Journal. 2017. T. 16(2). Pp. 1-14.
5. Ahmed M A, Naqi S M A, Cheema S M. Leadership styles and their influence on project team performance // sjesr. 2023. T. 6(2) Pp. 153-159.

*Saidova Z.A.*  
*Mathematics teacher*  
*specializing in "Natural and exact sciences"*  
*Republican Academic Lyceum named after S.H. Sirojiddinov*

## **FORMATION OF COGNITIVE COMPETENCE THROUGH TRILINGUAL SOFTWARE IN MATHEMATICS LESSONS (BASED ON ACADEMIC LYCEUM EXPERIENCE)**

***Abstract:** This article discusses the methodology for using trilingual (in three languages: Uzbek, Russian, and English) software tools in the formation of students' cognitive competence. According to the author's scientific assumptions, developed on the basis of trial lessons at the academic lyceum level, trilingual educational tools effectively develop students' critical, logical, and creative thinking abilities.*

***Keywords:** trilingual software, infusion, integrative, elective, metacognitive activity, CLIL methodology, metalinguistic thinking, cross-linguistic thinking, adaptive learning modules, interactive training, reflection, analytical thinking, interactive assessment modules, learning platforms.*

The development of students' thinking activity in the educational process is one of the main directions of modern pedagogy. In particular, at the academic lyceum stage, students are required to engage in logical, analytical, and cognitive activity when mastering complex and high-level topics in mathematics. The formation of cognitive competence in academic lyceum students includes adolescence. Adolescence is a critical period during which not only biological changes occur, but also higher-level cognitive processes such as thinking, decision-making, and problem-solving are formed. Therefore, age characteristics, psychological preparation, and social context play an important role in the development of cognitive competence. Academic lyceums use cognitive competence to enable students to master, over the years, from literacy and numeracy skills to science, mathematics, and complex new skills and concepts. In academic lyceums, everything is required from the very beginning. Academic lyceum groups are complex environments. Students in each group differ in their qualifications, interest in learning, personality, and family background. Teachers differ in their teaching, teaching skills, and methods, and in their determination to motivate students to learn. Academic lyceum subjects differ in their conceptual characteristics and requirements; for example, learning a language, mathematics, or another subject requires a combination of cognitive processes. These differences are more pronounced than when students learn at school. Unfortunately, however, not all academic high school students are able to fulfill all educational plans in any high school subject. When academic high school students do not fulfill these developmental priorities, they often lack the knowledge and skills necessary to master the cognitive abilities associated with a particular year in order to move forward effectively. Problem solving is central to the study of mathematics. The goal

is to introduce the study of number, algebra, and geometry through real-life scenarios and scenarios related to various scientific fields, such as physics and biology. These activate cognitive processes to make sense of unknown situations, express meaning, and represent particular aspects of the world or fields of knowledge in language and mathematical problem solving. The selection of appropriate prior knowledge and strategies to represent a problem mathematically will depend on many factors.

Cognitive competence is a person's ability to understand, analyze, generalize, and apply information in practice (Sun & Hui, 2006). Constructivist and sociocultural approaches of scientists such as Vygotsky (1978) and Piaget (1977) are important in developing this competence in students. These competencies can be further developed through the use of trilingual (trilingual) software. Or I think it would be appropriate to conduct the lesson process based on a trilingual approach. The trilingual approach allows the student to analyze knowledge in three languages.

This approach:

- enhances the student's language competence;
- increases metacognitive activity in the subject;
- provides access to international resources;
- helps to understand science in different cultural contexts.

Naturally, the question arises as to what a trilingual approach would look like in mathematics lessons.

Mathematics is a subject rich in terms, expressed through formulas, and it is important to understand the terms correctly. Therefore, in a trilingual approach: When a student begins to see mathematical terms in three languages:

- he distinguishes the nuances in each language;
- he gains an understanding of the roots and etymology of terms;
- he learns new terms faster;
- he is prepared to independently read scientific literature in English.

As a scientific basis for my opinion, I would like to cite L. Vygotsky's views on this matter, namely, L. Vygotsky saw language as a means of thinking and evaluated communication as the main source of intellectual growth. Also, as J. Cummins (2000) said, "knowledge transfer occurs from one language to another", according to A. Demetriou (2017), multilingualism increases cognitive flexibility. Indeed, trilingualism strengthens the terminological base of the student, strengthens his cognitive competence and analytical thinking. The quality of education based on the CLIL methodology (Content and Language Integrated Learning) increases. Now it would be appropriate to add another innovation to this methodology, namely, to use trilingual software in mathematics lessons to further strengthen the formation of cognitive competence and create a modern system of teaching using this software. The issue of cognitive competence formation in a modern digital environment, in particular in a multilingual (trilingual) educational environment, is reaching a new level. Trilingual software is a digital platform that allows the transmission, reception, processing and analysis of educational materials in three languages (usually the native language, the state language and English). These technological

solutions develop not only the language competence of the student, but also the flexibility of thinking, semantic thinking, metacognitive control and communicative strategies. The use of multimodal tools in education plays an important role in managing the cognitive load. According to Mayer's theory, the simultaneous transmission of visual, auditory and textual information facilitates the student's assimilation of information (Mayer, 2005). Trilingual software is based on this principle: it covers language and logical concepts in different contexts. Also, the content presented in three languages strengthens metalinguistic thinking in students. That is, the learner attempts to think about language, compare means of expression, and understand grammatical and semantic structures. This process, in turn, leads to the development of general cognitive competence (Cummins, 2001).

Trilingual systems are especially important for students in science and technology. For example, by studying concepts in mathematics or computer science in Russian, English, and Uzbek, a student can see a single conceptual knowledge in different linguistic contexts. This activates cross-linguistic thinking and leads to deeper mastery.

Below, we will look at the benefits of some digital platforms in building cognitive competencies.

- Adaptive learning modules: Automatically select content that is appropriate for the individual level of learning of students. This method develops the student's ability to work independently and prepare for self-assessment.

- Interactive exercises and reflection: Platforms encourage students to think actively, ask questions, and draw conclusions through interactive tasks. In particular, exercises in the question-and-answer format are effective in developing critical thinking (Lipman, 2003).

- Problem-based learning (PBL): Trilingual software solutions are focused on solving problems in real-life contexts, and this methodological method enhances students' independent decision-making, development of alternative solutions, and reflective thinking (Barrows, 1986).

- Mind maps and visual graphics: They serve to develop students' cognitive skills such as structuring information, isolating main ideas, and analyzing interrelationships.

In addition, through trilingual software, students develop multicultural literacy. This, in turn, not only expands the scope of thinking, but also strengthens the student's social and adaptive competencies.

Below, we will consider the advantages of some digital platforms in the formation of cognitive competencies.

GeoGebra is an open-source interactive mathematics platform used in teaching areas such as algebra, geometry, analysis and statistics. It can be used at all levels from school to university.

Trilingual opportunities:

- The platform is available in more than 40 languages, including Uzbek, Russian and English interface support;
- There are menus, tasks and tools adapted to each language.

Impact on cognitive competencies:

- Concretization of abstract concepts through visual modeling;
- Activation of the student's analytical and spatial thinking;
- Experimentation and drawing conclusions using dynamic elements.

Desmos is an online graphing calculator and visual tasks platform. It is mainly used for drawing graphs, analyzing equations, and creating mathematical models.

Trilingual capabilities:

- The interface is fully in English, partially in Russian, and in Uzbek through auxiliary resources (through user-generated content);
- Desmos Activities can be customized in your language.

Impact on cognitive competence:

- Stimulating critical thinking through challenging graphical tasks;
- Connecting student thinking with mathematical expressions and models;
- Interactive learning through real-time observation of variables.

Khan Academy is a non-profit educational platform designed to teach mathematics, physics, computer science, and other subjects. It contains video lessons, tasks, and tests.

Trilingual capabilities:

- Fully in English;
- Russian version available;
- Partial translation into Uzbek has begun: some topics have been introduced through local projects.

Impact on cognitive competence:

- Multimodal learning through the integration of video, text and tests
- Step-by-step in-depth explanation of each topic
- Reflection and independent thinking through self-assessment (mastery learning).

Comparison table:

<b>Platform</b>	<b>Languages</b>	<b>Directions</b>	<b>Cognitive advantages</b>
<b>GeoGebra</b>	UZ, RU, EN	Geometry, algebra	Cognitive benefits
<b>Desmos</b>	EN, RU	Graph, function	Critical thinking, real-time analysis
<b>Khan Academy</b>	EN, RU, (UZ partially)	Comprehensive sciences	Independent thinking, reflection, processing

In developing cognitive competence in mathematics lessons, digital platforms such as GeoGebra, Desmos and Khan Academy allow students to simultaneously develop their language competence, logical thinking and analytical skills through a trilingual interface. These platforms allow for multimodal, contextual and differentiated education in accordance with the CLIL methodology.

The use of GeoGebra, Desmos, and Khan Academy platforms in mathematics lessons serves to develop not only students' subject-specific, but also linguistic and cognitive competencies. By presenting interfaces and tasks in Uzbek, Russian, and English, students' metalinguistic thinking, critical analysis skills, visual perception, and self-assessment skills are strengthened. The trilingual approach can be effectively implemented in academic lyceum mathematics lessons by using

Desmos, GeoGebra, and Khan Academy platforms. In test lessons, complex topics such as logarithms, probabilities, combinatorics, and inequality graphs were taught in a visual, interactive manner with explanations in Uzbek, Russian, and English. This serves to increase students' critical thinking, metacognitive activity, and cognitive flexibility. The following didactic approaches are relevant in the formation of cognitive competence based on software:

- Adaptive learning modules: Automatically select content that is appropriate for the individual level of learning of students. This method develops the student's ability to work independently and prepare for self-assessment.

- Interactive exercises and reflection: Platforms encourage students to think actively, ask questions, and draw conclusions through interactive tasks. Question-and-answer exercises are especially effective in developing critical thinking (Lipman, 2003).

- Problem-based learning (PBL): Trilingual software solutions are focused on solving problems in real-life contexts, and this methodological method enhances students' independent decision-making, development of alternative solutions, and reflective thinking (Barrows, 1986).

- Mind maps and visual graphics: They serve to develop students' cognitive skills such as structuring information, isolating main ideas, and analyzing interrelationships.

In addition, trilingual software tools help students develop multicultural literacy, which not only broadens their horizons but also strengthens their social and adaptive competencies.

With the use of these technological tools, methods for assessing cognitive competencies are also being updated. For example, diagnostic tests, gamified problems, and reflective writing tasks are used to identify the student's cognitive strategies. In addition to traditional knowledge control, the assessment process also takes into account the student's thinking planning, adaptation to changing situations, and decision-making skills.

In conclusion, the formation of cognitive competence using trilingual software is a strategic platform that serves not only to develop linguistic skills, but also the ability to think, make decisions and solve problems at a higher level.

The modern educational environment requires the widespread use of digital tools. In particular, trilingual software (learning platforms with an interface in three languages) allows for the assessment and development of cognitive competences in different languages. Such systems include:

- Solving problem tasks through interactive tasks,
- Opportunities for self-assessment and reflection,
- Analysis of thinking models through observation of actions.

These ensure the transition of students from egocentric thinking to systematic and flexible thinking. A monitoring system should be implemented to determine how the student's cognitive competence changes over time. They include:

- Initial diagnostics (entry test)
- Intermediate assessment (formative)

- Final assessment (summative)

Based on the results of monitoring, it is possible to adjust individual learning paths, adapt educational technologies, and apply motivational mechanisms (Zimnyaya, 2003; Anderson & Krathwohl, 2001).

Developing students' cognitive competence is one of the strategic priorities of the modern education system. Based on the analysis presented in this article, the following general conclusions can be drawn:

1. Cognitive competence is the ability to analyze, apply, reflect, and create new knowledge in addition to acquiring knowledge (Sun & Hui, 2006).

2. The scientific basis of cognitive development was highlighted based on the theories of cognitive psychology of scientists such as Piaget, Vygotsky, and Fry.

3. Critical and creative thinking are components of cognitive competence, and their mutual integration forms the ability of students to think at a higher level (Sternberg, 2006; Paul, 1993).

4. Trilingual software creates a learning environment that focuses on students' multilingual thinking, analysis, and evaluation. This tool also develops digital skills.

5. Infusion, integrative, and elective approaches play a complementary role in developing cognitive competence. Each approach has its own methodological advantages.

6. Through assessment and monitoring processes, individual cognitive profiles of students are identified and educational strategies are adapted accordingly.

Within the framework of the main issues raised in the article, the following scientific proposals are put forward:

1. Conducting extended empirical research: studying the impact of critical and creative thinking on cognitive competence based on quantitative and qualitative indicators.

2. Studying with experimental groups: determining the effectiveness of cognitive competence formation in an academic lyceum using trilingual software.

3. Developing modular curricula for schoolchildren: creating competency-oriented textbooks and methodological guides suitable for an integrative approach.

4. Comparing age groups and cultural contexts: developing a differential approach by comparing socio-cultural factors affecting the development of cognitive competence.

5. Creating assessment systems in online and offline environments: developing opportunities for real-time monitoring of cognitive competence based on digital metrics.

Practical recommendations:

- Teachers: It is recommended to use a combination of infusion and integrative methods to develop critical and creative thinking. At the same time, elements of reflection and metacognition should be included in regular assessment practices.

- School leaders: It is necessary to increase the number of elective courses and project activities aimed at developing students' cognitive competence, and improve the infrastructure for teaching in a trilingual environment.

- Software developers: It is necessary to develop learning platforms that work in multiple languages, stimulate analytical thinking, and have interactive assessment modules.

#### REFERENCES:

1. Mayer, R.E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
2. Cummins, J. (2001). Bilingual children's mother tongue: Why is it important for education? *Sprogforum*.
3. Barrows, H. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486.
4. Lipman, M. (2003). *Thinking in Education*. Cambridge University Press.
5. Sun, R.C.F., & Hui, E.K.P. (2006). Cognitive competence as a positive youth development construct. *International Journal of Adolescent Medicine and Health*, 18(3), 401–408.
6. Zimnyaya, I.A. (2003). Key competencies - a new paradigm of educational results. *Vysshee obrazovanie segodnya*.
7. Anderson, L.W., & Krathwohl, D.R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy*. Longman.
8. Vorovshikov, S.G. (2014). *Kvalimetricheskie osnovy pedagogiki*. Moscow: Pedagogy.
9. Хуторской А.В. Педагогическая инноватика. Москва: Издательский центр «Академия», 2010.
10. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования. *Высшее образование сегодня*, 2003.

*Ендирбоева М.  
Каракалпакский государственный университет им. Бердаха  
Республика Узбекистан*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА ОЗЕРА САЙКУЛЬ**

*Аннотация:* В статье представлены результаты исследования макрозообентоса озера Сайкуль, выявившего умеренное видовое разнообразие (44 вида) с преобладанием хирономид и сохранением отдельных аральских реликтов. Сообщество демонстрирует выраженные сезонные колебания численности и биомассы: весенне-осенние пики сменяются зимним минимумом. Основными лимитирующими факторами биоразнообразия являются повышенная солёность воды (4–6 г/л) и изменения уровня водоёма. Высокий коэффициент сходства (66–81%) с другими солоноватоводными озёрами Каракалпакстана отражает общую экологическую специфику региона. Полученные результаты подтверждают значение макрозообентоса как индикатора состояния водных экосистем и отклика на климатические и антропогенные воздействия.

*Ключевые слова:* вид, численность, озера, макрозообентос, регион.

*Endirboeva M.  
Karakalpak State University named after Berdakh  
Republic of Uzbekistan*

## **RESULTS OF THE STUDY OF MACROZOOBENTHOS OF LAKE SAIKUL**

*Abstract:* The article presents the results of the study of macrozoobenthos of Lake Saykul, which revealed moderate species diversity (44 species) with a predominance of chironomids and the preservation of individual Aral relics. The community demonstrates pronounced seasonal fluctuations in abundance and biomass: spring-autumn peaks are replaced by a winter minimum. The main limiting factors of biodiversity are increased salinity of water (4-6 g/l) and changes in the water level of the reservoir. The high similarity coefficient (66-81%) with other brackish-water lakes of Karakalpakstan reflects the general ecological specificity of the region. The results confirm the importance of macrozoobenthos as an indicator of the state of aquatic ecosystems and response to climatic and anthropogenic impacts.

*Key words:* species, abundance, lakes, macrozoobenthos, region.

## Введение

Озеро Сайкуль, расположенное в Республике Каракалпакстан (Узбекистан), является одним из крупнейших водоемов региона, подверженным влиянию аридного климата и антропогенных факторов, включая осушение Аральского моря и сельскохозяйственную деятельность. Макрозообентос — донные макробеспозвоночные размером более 1 мм — играет ключевую роль в экосистеме озера, участвуя в циклах вещества, служа кормовой базой для рыб и индикатором экологического состояния. Исследования макрозообентоса важны для понимания биоразнообразия и динамики водных экосистем в Приаралье. Цель статьи — представить результаты исследования макрозообентоса озера Сайкуль на основе данных региональных исследований, адаптированных для аналогичных водоемов Каракалпакстана.

## Материалы и методы

Материал собирался сезонно (весна, лето, осень) в период 2022–2026 гг. с использованием дночерпателя Петерсена для отбора проб дна. Обработка проводилась по стандартным гидробиологическим методам, идентификация гидробионтов — по современным определителям. Для оценки сходства видового состава применялся коэффициент Сёренсена-Чекановского:  $K = 2C \times 100\% / (A + B)$ , где А и В — количество видов в сравниваемых озерах, С — количество общих видов. Абиотические параметры (площадь, глубина, соленость, тип грунта) учитывались для интерпретации данных. Методы адаптированы для солоноватоводных озер региона, аналогичных Сайкуль.

## Результаты и обсуждения

В озере Сайкуль зарегистрировано около 44 видов макрозообентоса, аналогично соседним водоемам Каракалпакстана (например, Западный Каратерень в ветланде Судочье). Видовой состав включает группы: Chironomidae (доминирующая, до 46% видов), Odonata, Mollusca, Annelida, Ephemeroptera и другие. Общее количество видов в регионе — 187, с хирономидами (86 видов) как наиболее разнообразной группой.

Сезонные вариации показывают пики биомассы весной и осенью, с доминированием видов, таких как *Chironomus salinarius*, *Paranais simplex* и *Physella acuta*. Средняя биомасса — 6–8 г/м<sup>2</sup>, с численностью 150–400 экз./м<sup>2</sup> в зависимости от сезона. В озере сохраняются реликты аральской фауны, включая *Nereis diversicolor* и *Turkogammarus aralensis*, но отсутствуют некоторые типичные виды из-за осолонения (соленость 4–6 г/л). Коэффициент сходства с другими озерами Каракалпакстана (например, Сарыкамыш) — 66–81%, указывая на экологическую близость солоноватоводных водоемов (Таблица 1).

**Таблица 1**  
**Сезонные вариации доминирующих видов макрозообентоса в озере Сайкуль**

Таксон	Количество видов	Доминирующие виды	Биомасса (г/м <sup>2</sup> , средняя)
Annelida	2	<i>Paranais simplex</i> , <i>Limnodrilus helveticus</i>	0.5
Mollusca	11	<i>Physella acuta</i> , <i>Lymnaea stagnalis</i>	2.1
Chironomidae	10	<i>Chironomus salinarius</i> , <i>C. halophilus</i>	2.8
Другие	21	<i>Turkogammarus aralensis</i> , <i>Sigara assimilis</i>	1.0
Всего	44	-	6.4

Результаты указывают на умеренное разнообразие макрозообентоса в озере Сайкуль, с доминированием хирономид и сохранением аральских реликтов, что отражает переход к пресноводной фауне под влиянием климата и антропогенного стресса. Низкое разнообразие по сравнению с пресноводными озерами связано с соленостью и сезонными колебаниями уровня воды. Макрозообентос служит индикатором деградации, аналогично Аральскому морю, где биоразнообразие снизилось с 1980-х.

#### **Заключение**

Исследование макрозообентоса озера Сайкуль показало умеренное видовое разнообразие (44 вида) с доминированием хирономид и сохранением отдельных аральских реликтов. Сообщество характеризуется сезонными колебаниями численности и биомассы, с весенне-осенними пиками и зимним минимумом. Основными факторами, ограничивающими биоразнообразие, являются повышенная солёность (4–6 г/л) и колебания уровня воды. Высокий коэффициент сходства (66–81%) с другими солоноватоводными озёрами Каракалпакстана отражает общую экологическую специфику региона. Полученные данные подтверждают роль макрозообентоса как индикатора состояния экосистем и последствий климатических и антропогенных воздействий.

#### **Использованные источники:**

1. Попченко В.И., Булгаков Г.П., Тальских В.Н. Мониторинг макрозообентоса // В кн.: Руководство по гидробиологическому мониторингу экосистем. - С.-Петербург: Гидрометеиздат. - 1992. - с.64-104.
2. Матмуратов М.А. Использование внутренних водоемов для выращивания рыбы в экологически-экстремальных условиях Южного Приаралья // Теория и практика современной науки. – Саратов, 2016. - № 6 (12) - С. 864-867.
3. Матмуратов М.А. Современное состояние макрозообентоса разнотипных водоёмов Каракалпакстана *Universum: химия и биология. Электрон журнал (Россия)*. - 2022.- № 1 (91). DOI-0.32743/UniChem

2. Туремуратова Г. И., Косымбетова М. Б. Биоморфологические данные циклопов озера сайкуль // Экономика и социум. 2024. №5-1 (120). – С. 1649-1654.
3. Wetzel R. G. Limnology: Lake and River Ecosystems. — 3rd ed. — San Diego: Academic Press, 2001. — 1006 p.
4. Zhadin V. I. Mollusks of Fresh and Brackish Waters of the USSR. — Washington, D.C.: Smithsonian Institution, 1965. — 368 p.

*Костомаров В.Д.  
магистрант  
кафедры архитектуры общественных зданий  
Московский архитектурный институт  
(Государственная Академия)  
г. Москва, Россия*

## **ТРАНСПОРТНАЯ СВЯЗАННОСТЬ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РЕДЕВЕЛОПМЕНТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ У СТАНЦИЙ МЦК**

***Аннотация:** В статье анализируется роль транспортной связанности в процессах редевелопмента промышленных территорий, прилегающих к Московскому центральному кольцу. Рассматриваются теоретические подходы к пониманию транспортной интеграции, а также отечественный и зарубежный опыт включения промышленных зон в городскую структуру на основе развития транспортного каркаса. Особое внимание уделено связи транспортной доступности и социально-экономической эффективности редевелопмента. Сделан вывод о том, что транспортная связанность является определяющим фактором успешной интеграции промышленных территорий в городскую ткань.*

***Ключевые слова:** транспортная связанность, редевелопмент, промышленные территории, МЦК, городская структура, интеграция, транспортный каркас.*

*Kostomarov V.D.  
student  
Department of Architecture of Public Buildings  
Moscow Architectural Institute (State Academy)  
Moscow, Russia*

## **TRANSPORT CONNECTIVITY AS A KEY FACTOR IN THE REDEVELOPMENT OF INDUSTRIAL AREAS NEAR MCC STATIONS**

***Abstract:** The article analyzes the role of transport connectivity in the redevelopment of industrial areas adjacent to the Moscow Central Circle (MCC). Theoretical approaches to understanding transport integration are discussed, along with domestic and international practices of incorporating industrial zones into the urban structure through the development of the transport framework. Particular attention is paid to the relationship between transport accessibility and the socio-economic efficiency of redevelopment. It is concluded that transport connectivity is the key factor for the successful integration of industrial areas into the urban fabric.*

*Keywords: transport connectivity, redevelopment, industrial areas, MCC, urban structure, integration, transport framework.*

Редевелопмент промышленных территорий в крупных мегаполисах невозможен без учёта транспортного фактора. В условиях Москвы именно открытие Московского центрального кольца (МЦК) стало отправной точкой для переосмысления значительных промышленных зон, прилегающих к железнодорожным коридорам. Эти территории долгое время оставались изолированными от городской жизни, выполняя преимущественно складские или устаревшие производственные функции.

Транспортная связанность выступает ключевым элементом, определяющим успешность их преобразования. Как отмечает В. Л. Глазычев, современный город развивается не только за счёт расширения площадей, но и благодаря улучшению «сцепления» различных его частей, где транспорт играет роль пространственного клея [1]. Поэтому при проектировании редевелопмента необходимо учитывать не только наличие транспортных узлов, но и их способность интегрировать новые пространства в городскую ткань.

Транспортная связанность в градостроительном контексте предполагает не только физическую доступность территории, но и её функциональную интеграцию в систему города. Промышленные зоны традиционно формировались вдоль железных дорог и магистралей, но с течением времени эта близость превратилась в барьер. Сегодня задачи архитекторов и градостроителей состоят в том, чтобы превратить транспортные коридоры из разделяющего элемента в объединяющий.

Московское центральное кольцо является примером того, как транспортная система может стать драйвером редевелопмента. По мнению Г. М. Лаппо, именно формирование многоуровневого транспортного каркаса позволяет повысить ценность прилегающих территорий и придать им новые функции [2]. Станции МЦК становятся точками притяжения, вокруг которых возможно развитие жилой, деловой и культурной застройки. В этом контексте транспортная связанность выступает базовым условием для формирования комплексных проектов редевелопмента.

Международный опыт подтверждает данную тенденцию. В Лондоне преобразование районов вокруг станций Overground и Crossrail показало, что повышение транспортной доступности способствует росту стоимости земли, развитию жилых кварталов и культурных кластеров [3]. В Берлине интеграция промышленных территорий вблизи железнодорожных узлов в общегородскую структуру сопровождалась созданием новых деловых центров и общественных пространств [4]. Подобные проекты доказывают, что транспортная интеграция может выступать ключевым инструментом изменения пространственного и социального характера территории.

В российской практике влияние транспортной связанности также очевидно. После запуска МЦК наблюдается рост активности девелоперов и

инвесторов в прилегающих промышленных зонах. По данным исследований И. А. Добрякова, именно доступность транспортных узлов является основным фактором, определяющим скорость и масштаб редевелопмента [5]. Это подтверждается и статистическими данными: районы в радиусе 1 км от станций МЦК демонстрируют устойчивый рост интереса к жилой и коммерческой застройке.

Однако транспортная связанность не сводится лишь к железнодорожному или автомобильному транспорту. Важное значение имеет развитие пешеходной и велосипедной инфраструктуры, что позволяет формировать целостные сценарии использования пространства. Как отмечают В. Н. Власов и А. Ю. Бахирев, интеграция «мягкой мобильности» становится важным условием устойчивого развития транспортных узлов [6]. Это особенно актуально для Москвы, где высокий уровень автомобилизации требует поиска альтернативных решений.

Таким образом, транспортная связанность становится не только условием, но и инструментом редевелопмента. Она формирует предпосылки для комплексного освоения территорий, стимулирует социально-экономическую активность и способствует экологической адаптации городских пространств. В условиях МЦК данный фактор играет стратегическую роль, определяя будущее развитие Москвы и её пространственную структуру.

Транспортная связанность выступает основополагающим фактором редевелопмента промышленных территорий у станций МЦК. Она обеспечивает их интеграцию в городскую ткань, повышает инвестиционную привлекательность и создаёт условия для комплексного освоения.

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что именно транспортная интеграция способна трансформировать изолированные промышленные зоны в активные городские центры. Московский опыт подтверждает этот тезис: запуск МЦК придал мощный импульс редевелопменту территорий, ранее воспринимавшихся как периферийные.

Следовательно, транспортная связанность должна рассматриваться не только как инфраструктурный параметр, но и как стратегический инструмент формирования устойчивого мегаполиса. В сочетании с архитектурными и экологическими решениями она способна превратить промышленные зоны в новые узлы городской активности, определяющие развитие Москвы в XXI веке.

#### **Использованные источники:**

1. Глазычев В. Л. Урбанистика: теория и практика // Архитектура и строительство. – 2019. – № 3. – С. 12–21.
2. Лаппо Г. М. Транспорт и пространственная структура города // Известия РАН. Серия географическая. – 2020. – № 5. – С. 14–26.
3. Hall, P. Urban Transport and Redevelopment: Lessons from London // Journal of Urban Studies. – 2018. – Vol. 55, № 7. – P. 1452–1471.

4. Müller, B. Green Corridors and Urban Redevelopment in European Cities // Sustainability. – 2020. – Vol. 12, № 8. – P. 3214–3226.
5. Добряков И. А. Индустриальное наследие как фактор редевелопмента // Вестник МАРХИ. – 2021. – № 2. – С. 65–73.
6. Власов В. Н., Бахирев А. Ю. Транспортные узлы и «мягкая мобильность» в городской среде // Градостроительство и архитектура. – 2022. – № 1. – С. 41–50.

*Лизакова Р.А., к.э.н.  
доцент*

*кафедра маркетинга и менеджмента*

*Шарейко А.А.*

*студент*

*Барановичский государственный университет*

*Беларусь, г.Барановичи*

## **КЛАСТЕРИЗАЦИЯ СЕМАТИЧЕСКОГО ЯДРА КАК ОДИН ИЗ ЭТАПОВ ОПТИМИЗАЦИИ WEB-САЙТА КОМПАНИИ**

*Аннотация:* В статье рассматривается вопрос повышения эффективности использования веб-сайта посредством формирования семантического ядра с целью повышения позиции сайта компании. Предлагается решение данной проблемы для конкретной компании.

*Ключевые слова:* веб-сайт, семантическое ядро, кластеризация

*Lizakova R.A. Candidate of Economic Sciences,  
Associate Professor*

*of the Department of Marketing and Management Baranovichi State  
University Belarus, Baranovichi*

*Shareiko A.A.*

*student*

*Baranovichi State University, Belarus, Baranovichi*

## **CLUSTERING OF THE SEMANTIC CORE AS ONE OF THE STAGES OF OPTIMIZING THE COMPANY'S WEBSITE**

*Abstract:* The article discusses the issue of increasing the efficiency of website use through the formation of a semantic core in order to enhance the position of the company's website. A solution to this problem is proposed for a specific company.

*Keywords:* website, semantic core, clusterization

В условиях высокой конкуренции и развития цифровых технологий веб-сайт становится ключевым инструментом успешной работы в интернет-маркетинге. На примере компании «Кропас» покажем возможности совершенствования SEO-продвижения веб-ресурса в направлении улучшения поисковой видимости. Частное предприятие (ЧП) «Кропас» — это агентство интернет-маркетинга, занимающееся разработкой веб-сайтов и оказанием услуг в сфере интернет-маркетинга для малого, среднего и крупного бизнеса по всему миру (преимущественно на территории Беларуси и стран СНГ). К

сожалению, одной из основных проблем сайта ЧП «Кропас», с нашей точки зрения, является низкая поисковая видимость из-за отсутствия SEO-оптимизации. С целью улучшения поисковой видимости авторами была проведена аналитическая работа по результатам информации, полученной с использование сервиса Яндекс Метрика и аналитической платформы Google Analytics. Сервисы Яндекс Метрика и Google Analytics позволяют получать подробную информацию о посетителях веб-сайта: их поведении на страницах ресурса, действиях, интересах и других параметрах взаимодействия с сайтом.

Для мониторинга доступности сайта и отслеживания его работоспособности применялся специализированный сервис UptimeRobot .

После проведенных работ с описанными выше сервисами был начат этап сбора семантического ядра и его кластеризации. Кластеризация семантического ядра — это процесс группировки схожих по смыслу ключевых слов и фраз в отдельные тематические блоки (кластеры). Кластеризация семантического ядра помогает оптимизировать структуру контента и улучшить его релевантность для поисковых систем, а также облегчает навигацию пользователей по сайту.

Для компании «Кропас» выделены следующие ключевые направления:

- поисковая оптимизация в Яндекс;
- поисковая оптимизация в Google;
- контекстная реклама в Яндекс;
- контекстная реклама в Google;
- продвижение в социальных сетях;
- разработка сайтов.

Для сбора ключевых фраз использовался сервис Яндекс Вордстат, было собрано 100 запросов для региона Минск. Для сбора ключевых фраз использовался сервис Яндекс Вордста. В таблице 1 частично представлены запросы, их частотность (количество упоминаний данного запроса в поисковых системах в Минске), позиции компании «Кропас» по этим запросам в поисковых системах Яндекс и Google.

Таблица 1 — Семантическое ядро для сайта ЧУП «Кропас»

Запросы	Частотность WS (Минск)	Позиции Яндекс	Позиции Google
SEO минск	199	3	89
SEO оптимизация услуги	9	23	-
SEO оптимизация цена	21	10	-
SEO под ключ	25	23	-
SEO продвижение в яндексе цена	20	8	-
SEO продвижение с гарантией	16	7	28
SEO продвижение агентство	19	18	67
SEO продвижение заказать	156	47	-
SEO продвижение минск	144	16	-

SEO продвижение под ключ	21	39	-
SEO продвижение сайта в интернете	16	34	-
SEO продвижение сайта в яндекс	23	31	48
SEO продвижение сайта заказать	102	62	-
SEO продвижение сайта услуги	24	34	-
SEO продвижение сайта цена	74	21	-
SEO продвижение сайта яндекс цена	12	5	-
SEO продвижение стоимость	37	11	-
SEO продвижение цена	215	10	-
SEO продвижение цена услуга	7	10	-

*Примечание* — Источник: собственная разработка Шарейко А.А. по данным сервиса Яндекс Вордста

Запросы разделены на тематические кластеры, что позволило структурировать данные для дальнейшей оптимизации. На рис. 1 отражена видимость процента запросов.

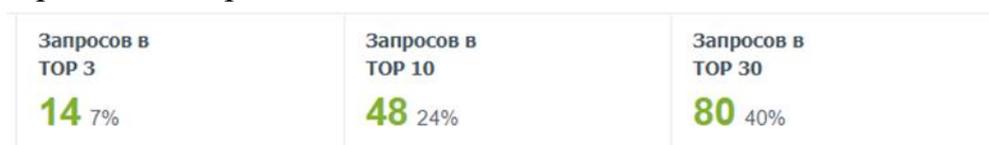


Рисунок 1 — Видимость, процент запросов в Топ-10 и Топ-30 поисковых систем компании ЧУП «Кропас» по собранной семантике  
Примечание — Источник: [1]

Исходя из собранных данных, стратегия поисковой оптимизации компании нуждается в доработке. Только 24 % запросов из двух поисковых систем находятся в ТОП-10, а 40 % запросов — в ТОП-30. При этом в Google у компании позиции хуже, чем в Яндекс.

Из собранного семантического ядра было выделено 8 кластеров.

1. Поисковое продвижение.
2. Поисковое продвижение в Яндекс.
3. Поисковое продвижение в Google.
4. Контекстная реклама.
5. Контекстная реклама в Яндекс.
6. Контекстная реклама в Google.
7. Продвижение в социальных сетях.
8. Создание сайтов.

Для кластеров «Поисковое продвижение в Яндекс», «Поисковое продвижение в Google», «Контекстная реклама в Яндекс», «Контекстная реклама в Google» предлагается создать новые страницы соответствующей тематики, так как на сайте отсутствуют данные страницы.

Эффективность корпоративного сайта напрямую влияет на привлечение и удержание клиентов, поэтому необходим комплекс мер по его улучшению и развитию цифровых каналов продвижения

В условиях высокой конкуренции и развития цифровых технологий web-сайт становится ключевым инструментом успешной работы в интернет-маркетинге. Для ЧП «Кропас» важно постоянно совершенствовать онлайн-коммуникации с целевой аудиторией. Эффективность корпоративного сайта напрямую влияет на привлечение и удержание клиентов, поэтому необходим комплекс мер по его улучшению и развитию цифровых каналов продвижения

**Использованные источники:**

1. Сервис AllPosition [Электронный ресурс]. — URL:<https://allpositions.ru/> (дата обращения 07.04.2025) (53)

УДК:303

*Пусный Д.О.  
магистрант  
Белгородский государственный  
научный исследовательский университет  
Россия, г. Белгород  
Путивцева Н.П., к.т.н.  
доцент  
Белгородский государственный  
научный исследовательский университет  
Россия, г. Белгород  
Пусная О.П.  
старший преподаватель  
Белгородский государственный  
научный исследовательский университет  
Россия, г. Белгород*

## **ПОДБОР МЕТОДА СОПРОВОЖДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МАИ**

*Аннотация:* Для плодотворной работы пользователя в стандартной или модифицированной информационной системе необходимо организовать качественную поддержку. В статье рассмотрены существующие методы сопровождения ИС и с помощью метода анализа иерархий выбран наилучший для системы «Зарплата и управление персоналом».

*Ключевые слова:* метод анализа иерархий, сопровождение ИС, информационная система, методы сопровождения

*Pusny D.O.  
magister  
Belgorod National Research University  
Russia, Belgorod  
Putivtseva N.P., Ph.D.  
Associate Professor  
Belgorod National Research University  
Russia, Belgorod  
Pusnaya O.P.  
senior lecturer  
Belgorod National Research University  
Russia, Belgorod*

## **SELECTION OF AN INFORMATION SYSTEM SUPPORT METHOD BASED ON THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD**

**Abstract:** *To ensure the user's productive work in a standard or modified information system, it is necessary to provide high-quality support. The article examines the existing methods of information system maintenance and uses the analysis hierarchy process to select the best method for the "Salary and Personnel Management" system.*

**Keywords:** *method of hierarchy analysis, maintenance of information systems, information system, methods of maintenance.*

Своевременное и качественное сопровождение информационной системы «Зарплата и управление персоналом» является необходимым условием успешной деятельности любого предприятия, обеспечивающим соблюдение нормативных требований, повышение производительности труда и оптимизацию финансовых ресурсов. В ходе анализа предметной области по материалам российской и зарубежной литературы был выполнен обзор методов сопровождения различных информационных систем.

Наиболее результативны следующие методы:

– Коррективное сопровождение. Включает в себя исправление ошибок, обновление программного обеспечения и устранение неполадок в работе системы. Для этого используются методы тестирования, отладки и анализа проблем.

– Адаптивное сопровождение. Направлено на адаптацию информационной системы к изменяющимся требованиям бизнеса или изменениям внешней среды. Включает в себя модификацию функциональности, добавление новых возможностей и интеграцию с другими системами [2].

– Предупредительное сопровождение. Основано на анализе и прогнозировании возможных проблем и ошибок в работе системы. Включает в себя мониторинг, анализ данных и принятие мер по предотвращению возникновения проблем [3].

– Профилактическое сопровождение информационной системы — это изменение программного продукта после поставки для выявления и исправления скрытых дефектов до того, как они станут явными ошибками. Обычно такое сопровождение проводят для программных продуктов, связанных с обеспечением или защитой жизни людей [4].

– Полное (совершенствующее) сопровождение информационной системы — это изменение программного продукта после поставки для улучшения производительности или удобства эксплуатации. При таком сопровождении продукту придают новые качества, повышают его рабочие характеристики, происходит модернизация и развитие функционала [4].

Подходы:

– Проактивный подход [5]. Инициатива исходит от обслуживающего персонала. К этому подходу относятся профилактическое и полное (совершенствующее) сопровождение.

– Реактивный метод [6]. Инициатива находится у пользователей. К этому подходу относятся корректирующее и адаптивное сопровождение.

Первым этапом в решении задачи принятия решения является декомпозиция проблемы через определение ее компонент и отношений между ними. Иерархия выбора методов сопровождения систем, выполненная с использованием СППР «Решение» [1] представлена на рисунке 1.

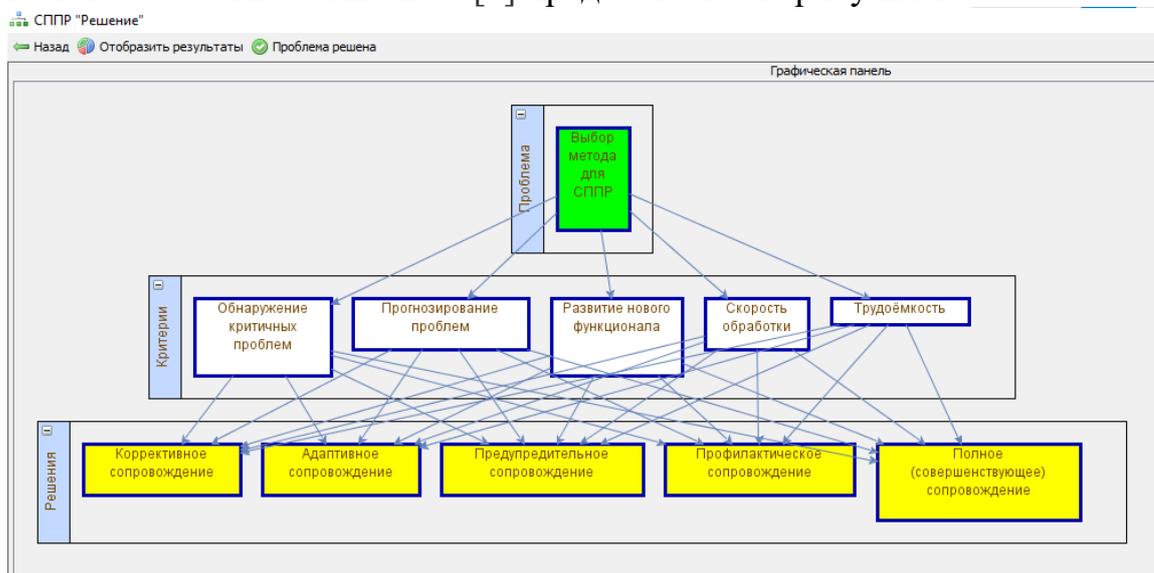


Рисунок 1 – Иерархия выбора методов сопровождения

Как видно из рисунка 1, рассмотренные выше методы сопровождения будут оцениваться по следующим критериям:

1) Обнаружение критических проблем – вероятность обнаружения критической проблемы, которая останавливает дальнейшую работу пользователя и не может быть решена обходным способом;

2) Скорость обработки – время, которое будет затрачиваться на решение приоритетной для пользователей проблемы с момента её обнаружения;

3) Трудоёмкость – трудочасы разработчиков и/или консультантов, потраченные на решение возникшей проблемы;

4) Развитие нового функционала – возможность внедрения нового функционала в систему пользователей;

5) Прогнозирование проблем – вероятность обнаружить и решить проблему до момента, когда пользователь с ней столкнётся.

Следующим этапом является осуществление попарного сравнения отдельных компонент иерархии. Сравнение критериев представлено на рисунке 2.

	1.	2.	3.	4.	5.	Приоритеты
1. Обнаружение критичных проблем	1/1	5/1	4/1	2/1	3/1	0,417
2. Прогнозирование проблем	1/5	1/1	1/2	1/4	1/3	0,062
3. Развитие нового функционала	1/4	2/1	1/1	1/3	1/2	0,097
4. Скорость обработки	1/2	4/1	3/1	1/1	2/1	0,263
5. Трудоемкость	1/3	3/1	2/1	1/2	1/1	0,160

СЗ: 5,069    ИС: 0,017    ОС: 0,016

\* Для сравнения критериев двойной клик на ячейке матрицы сравнения

Рисунок 2 – Сравнение критериев

Наиболее значимым критерием является «Обнаружение критичных проблем», так как от него напрямую зависит возможность пользователя работать в системе и выполнять свои функции.

Наилучшим методом по данному критерию является «Коррективное сопровождение», что представлено на рисунке 3.

	1.	2.	3.	4.	5.	Приоритеты
1. Коррективное сопровождение	1/1	3/1	4/1	5/1	2/1	0,417
2. Адаптивное сопровождение	1/3	1/1	2/1	3/1	1/2	0,160
3. Предупредительное сопровождение	1/4	1/2	1/1	2/1	1/3	0,097
4. Профилактическое сопровождение	1/5	1/3	1/2	1/1	1/4	0,062
5. Полное (совершенствующее) сопровождение	1/2	2/1	3/1	4/1	1/1	0,263

СЗ: 5,069    ИС: 0,017    ОС: 0,016

\* Для сравнения критериев двойной клик на ячейке матрицы сравнения

Рисунок 3 – Сравнение решений по критерию «Обнаружение критичных проблем»

Следующим критерием по значимости является «Скорость обработки», так как пользователям критически важно продолжить выполнение своих обязанностей в кратчайшие сроки.

Наилучшими методами по данному критерию являются «Коррективное сопровождение» и «Полное (совершенствующее) сопровождение», что представлено на рисунке 4.

	1.	2.	3.	4.	5.	Приоритеты
1. Коррективное сопровождение	1/1	2/1	3/1	6/1	1/1	0,324
2. Адаптивное сопровождение	1/2	1/1	2/1	5/1	1/2	0,190
3. Предупредительное сопровождение	1/3	1/2	1/1	5/1	1/3	0,122
4. Профилактическое сопровождение	1/6	1/5	1/5	1/1	1/6	0,041
5. Полное (совершенствующее) сопровождение	1/1	2/1	3/1	6/1	1/1	0,324

СЗ: 5,082    ИС: 0,020    ОС: 0,018

\* Для сравнения критериев двойной клик на ячейке матрицы сравнения

Исследовать

OK Cancel

Рисунок 4 - Сравнение решений по критерию «Скорость обработки»

Критерий «Трудоёмкость» имеет высокий приоритет, но уступает предыдущим двум, так как затраты времени сопровождающего персонала (разработчики и/или консультанты) менее ценны, чем время простоя пользователя системы.

Наилучшим методом по данному критерию является «Коррективное сопровождение», что представлено на рисунке 5.

	1.	2.	3.	4.	5.	Приоритеты
1. Коррективное сопровождение	1/1	5/1	4/1	3/1	2/1	0,413
2. Адаптивное сопровождение	1/5	1/1	1/2	1/3	1/4	0,061
3. Предупредительное сопровождение	1/4	2/1	1/1	1/4	1/3	0,084
4. Профилактическое сопровождение	1/3	3/1	4/1	1/1	1/2	0,182
5. Полное (совершенствующее) сопровождение	1/2	4/1	3/1	2/1	1/1	0,260

СЗ: 5,166    ИС: 0,041    ОС: 0,037

\* Для сравнения критериев двойной клик на ячейке матрицы сравнения

Исследовать

OK Cancel

Рисунок 5 - Сравнение решений по критерию «Трудоёмкость»

Предпоследним по значимости критерием является «Развитие нового функционала», так как внесение подобных изменений в систему не приносит значительного прироста эффективности работы пользователей этой системы.

Наилучшим методом по данному критерию является «Адаптивное сопровождение», что представлено на рисунке 6.

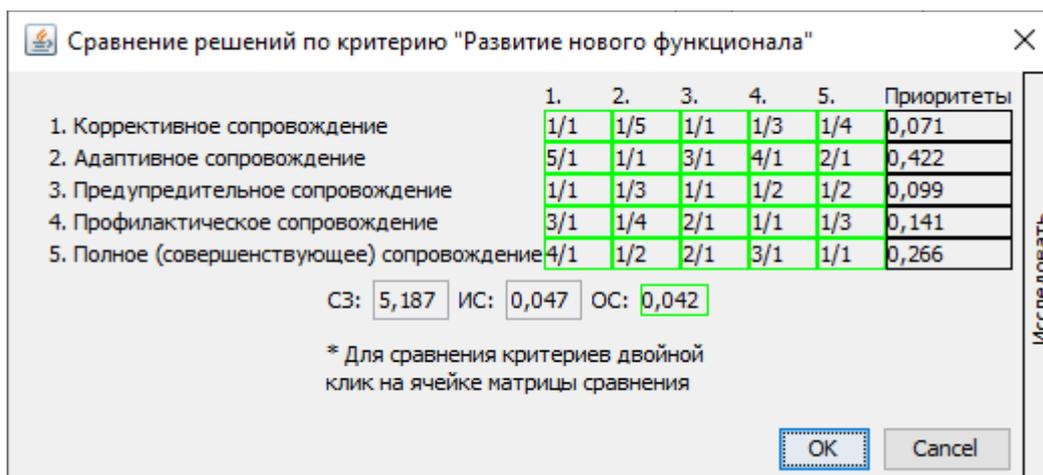


Рисунок 6 - Сравнение решений по критерию «Развитие нового функционала»

Последним критерием является «Прогнозирование проблем». Невозможно создать систему, в которой не будет ошибок или пользователи не будут просить персональных изменений.

Наилучшим методом по данному критерию является «Адаптивное сопровождение», что представлено на рисунке 7.

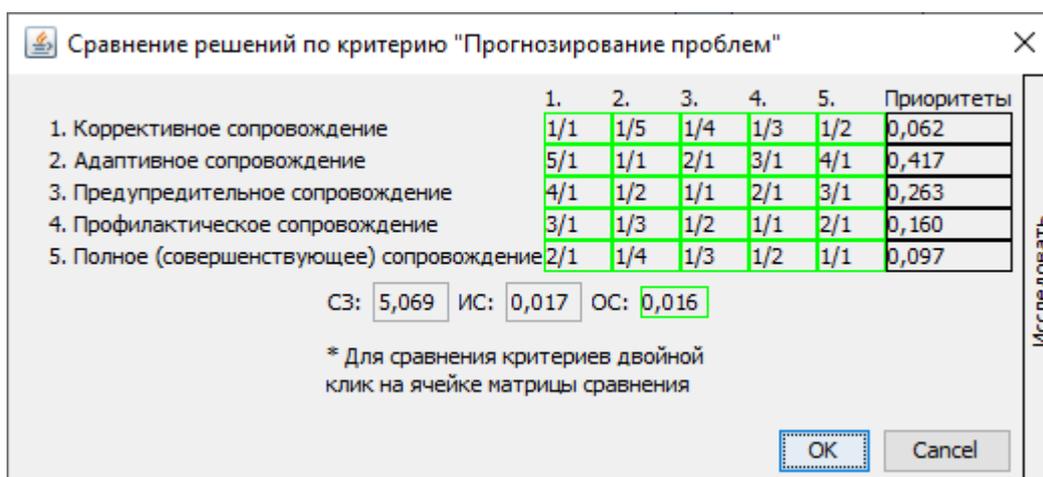


Рисунок 7 - Сравнение решений по критерию «Прогнозирование проблем»

Проведя все сравнения для иерархии, можно перейти к результатам ранжирования методов. Приоритетность представлена на рисунке 8.

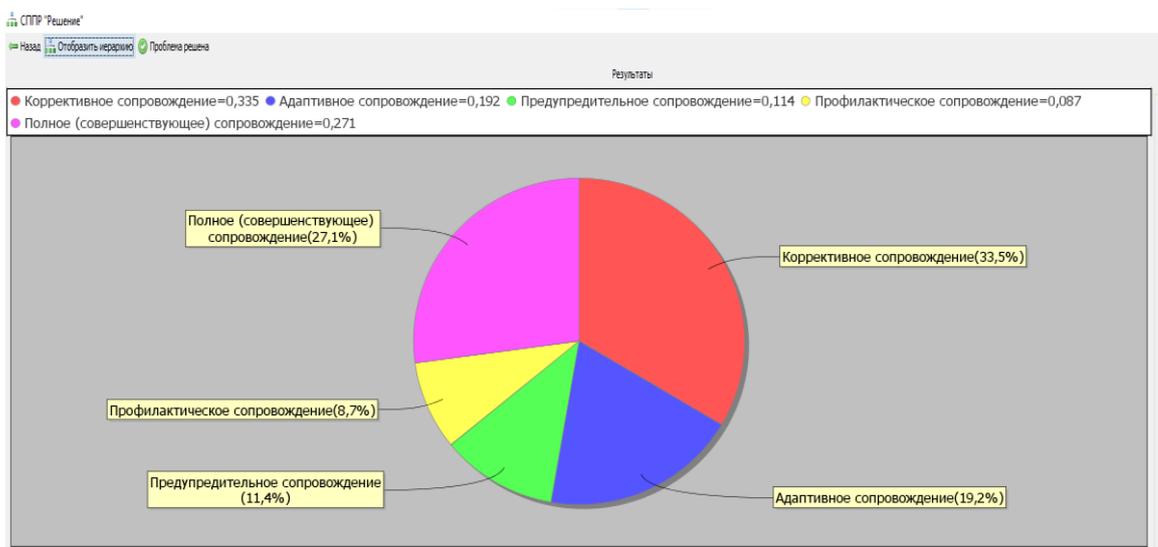


Рисунок 8 –Приоритетность методов сопровождения

На основе примененного классического метода анализа иерархий для выбора альтернативы, наилучшей по множеству критериев, было выявлено, что наилучшим методом является «Корректирующее сопровождение». Но поскольку и «Корректирующее сопровождение» не закрывает все решаемые задачи, то после его использования допустимо последующее применение «Полного (совершенствующего) сопровождения» и «Адаптивного сопровождения» для компенсации недостатков лидера.

#### Использованные источники:

- 1) Ломакин, В.В. Система поддержки принятия решений с автоматизированными средствами корректировки суждений экспертов [Текст] / В.В. Ломакин, М.В. Лифиренко // Научные ведомости Белгородского государственного университета: научный журнал. - Белгород: Издательский дом «Белгород». - 2014. - № 1(172) выпуск 29/1. - С. 114-120.
- 2) Сопровождение ПО после внедрения [Электронный ресурс]. — URL: <https://66bit.ru/blog/detail/software-support> (дата обращения 15.06.2025)
- 3) Методы изменения (эволюции) компонентов и ПС [Электронный ресурс]. — URL: [https://intuit.ru/en/studies/professional\\_retraining/945/courses/237/lecture/6132?page=5](https://intuit.ru/en/studies/professional_retraining/945/courses/237/lecture/6132?page=5) (дата обращения 15.06.2025)
- 4) Сопровождение программных систем [Электронный ресурс]. — URL: <https://upr.ru/article/soprovozhdenie-programmnyh-sistem/> (дата обращения 15.06.2025)
- 5) Проактивный подход — Что это такое, советы и примеры [Электронный ресурс]. — URL: <https://pro-dgtl.ru/blog/career/tpost/uhzugspen1-proaktivnii-podhod-cto-eto-takoe-soveti> (дата обращения 15.06.2025)
- 6) Активный и реактивный подходы к управлению проектами [Электронный ресурс]. — URL: <https://vc.ru/id1880774/718968-aktivnyi-i-reaktivnyi-podhody-k-upravleniyu-proektami> (дата обращения 15.06.2025)

*Пусный Д.О.  
магистрант  
кафедра прикладной информатики  
и информационных технологий  
Белгородский государственный  
научный исследовательский университет  
Россия, г. Белгород*

*Пусная О.П.  
старший преподаватель  
кафедра прикладной информатики  
и информационных технологий  
Белгородский государственный  
научный исследовательский университет  
Россия, г. Белгород*

## **УЧЕТ ДАННЫХ ПО СТУДЕНТАМ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ**

*Аннотация:* В статье представлен разработанный пользовательский интерфейс информационной системы по ведению учета деятельности студентов на производственной практике в организации. Система разработана на платформе 1С: Предприятие в виде отдельного модуля. Приведено описание контрольного примера реализации проекта, содержащее процесс заполнения подсистем, справочников, регистров, документов и отчетов. Разработанный модуль позволит хранить информацию о практикантах, вести учет процесса обучения и формировать необходимые отчеты.

*Ключевые слова:* информационная система, 1С: Предприятие, регистр, документ, отчет

*Pusny D.O.  
magister  
Department of Applied  
Computer Science and Information Technologies  
Belgorod National Research University  
Russia, Belgorod*

*Pusnaya O.P.  
senior lecturer  
Department of Applied  
Computer Science and Information Technologies  
Belgorod National Research University  
Russia, Belgorod*

## **DATA ACCOUNTING FOR STUDENTS IN PRACTICE**

**Abstract:** The article presents the developed user interface of the information system for keeping records of students' activities during their practical training at an organization. The system is developed on the 1С:Enterprise platform as a separate module. It provides a description of a control example of project implementation, which includes the process of filling out subsystems, reference books, registers, documents, and reports. The developed module allows for storing information about trainees, maintaining records of the training process, and generating necessary reports.

**Keywords:** information system, 1С:Enterprise, register, document, report.

В процессе обучения каждого студента с целью получения знаний и умений, необходимых для работы в реальных организациях, проводятся производственные и преддипломные практики. В одну организацию может поступить от 1-2 студентов до нескольких сотен с самыми различными знаниями и обучающихся на разных, зачастую никак не связанных между собой направлениях подготовки. Для каждого ВУЗа требуется своя форма отчетности, утвержденная регламентными документами, необходимо вести учет выполнения заданий студентов, писать отзывы и выставять оценки. В таком случае все это ложится дополнительной нагрузкой на организацию и отвлекает сотрудников от выполнения важных проектов, а ручной учет больших объемов информации оказывается малоэффективным и неудобным. Создание информационной системы для отслеживания прохождения производственной практики студентами в организациях может решить все возникающие проблемы. Разработаем такую систему на платформе 1С:Предприятие.

При запуске созданной конфигурации в 1С:Предприятие предлагается выбрать профиль пользователя, под которым будет осуществляться дальнейшая работа. Только администратор имеет полный доступ ко всем подсистемам и объектам разработанной конфигурации. Из рис. 1 видно, что администратор имеет доступ к подсистеме «Все и сразу», которая включает все созданные объекты конфигурации, а также к подсистемам документооборот, практика и студенты, у других пользователей доступ ограничен.

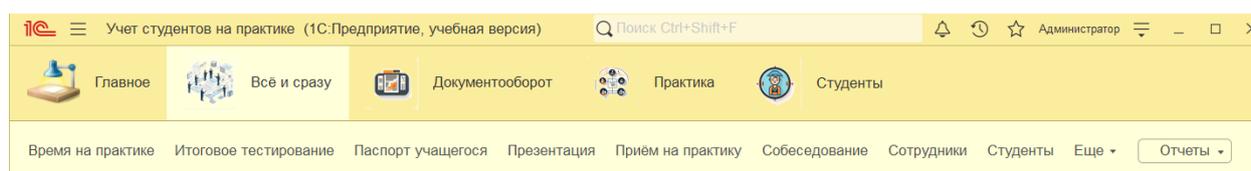


Рис. 1 Подсистемы, доступные администратору

Подсистема «Документооборот», представленная на рис. 2 включает в себя следующие документы: Приём на практику, Паспорт учащегося,

Итоговое тестирование и Время на практике. Во всплывающем окне отчётов представлен отчёт Посещаемость.

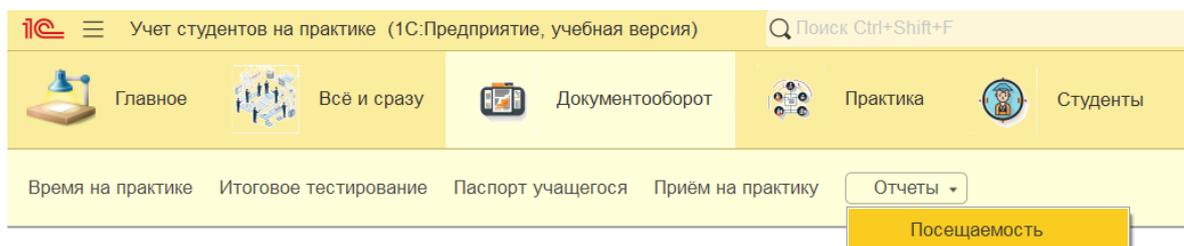


Рисунок 2 Содержание подсистемы «Документооборот»

Подсистема «Практика» включает в себя документы: Презентация, Паспорт учащегося, Итоговое тестирование и Время на практике. А в окне отчётов помимо отчёта Посещаемость присутствует Отчёт о выполненных заданиях.

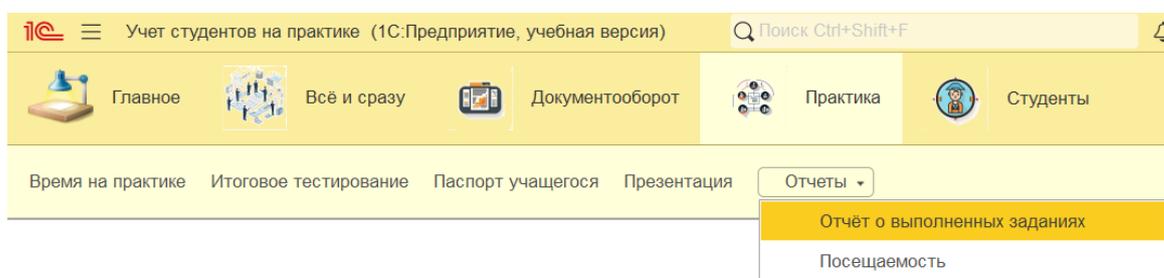


Рисунок 3 Содержание подсистемы Практика

Подсистема «Студенты» содержит в себе справочники: Студенты и Учебные заведения. Также в ней отражаются документы: Приём на практику, Собеседование и Тестирование по информационной безопасности.

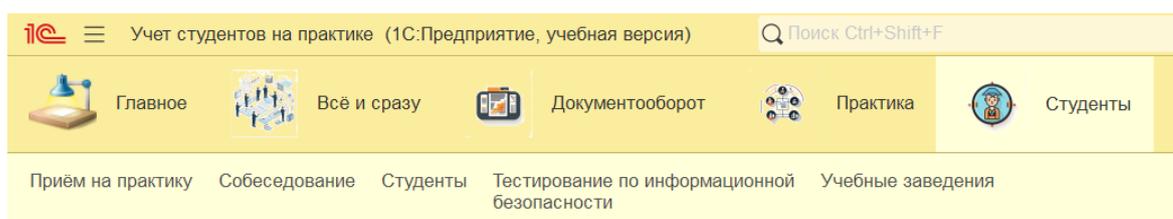


Рисунок 4 Содержание подсистемы Студенты

При создании модуля не было необходимости в создании predefined элементов, поэтому в режиме работы с конфигурацией необходимо заполнить их вручную. Для начала необходимо внести в систему информацию об учебных заведениях, с которыми заключены договоры о прохождении различных видов практик на платформе предприятия. Так как структура высших учебных заведений многоуровневая, то необходимо создавать группы для разграничения организационных уровней. На рисунке 5 представлено место кафедры математического и программного обеспечения в разработанной структуре.

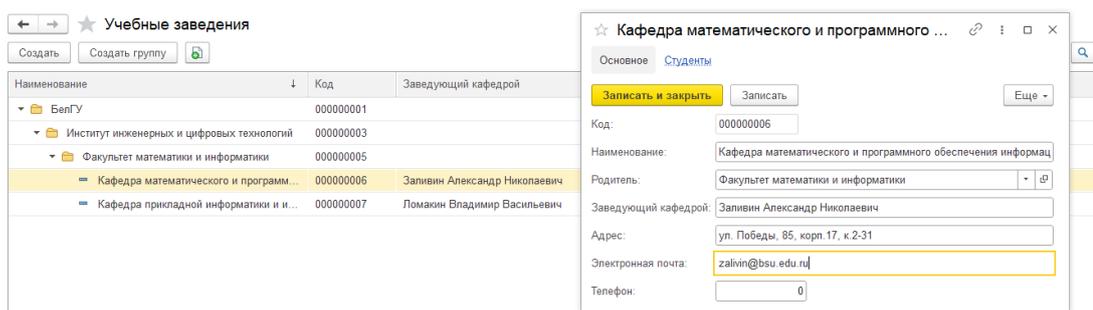


Рисунок 5 Структура высших учебных заведений

Для заполнения данных студентов, которые приходят устраиваться на практику, обязательно необходимо указать в формах выбора реквизитов «Владелец» и «ВУЗ» название кафедры и высшего учебного заведения, на которой учится студент, соответственно. Справочники «Студенты» и «Сотрудники» заполняется одинаково. На рисунке 6 представлены заполненная форма списка справочника «Сотрудники» и пример создания нового сотрудника через форму элемента

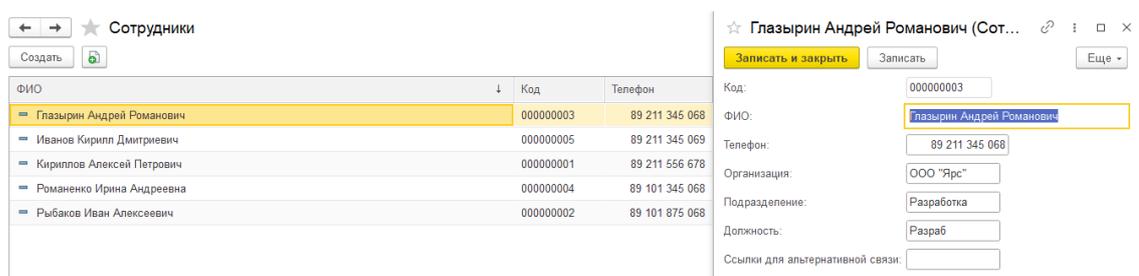


Рисунок 6 Справочник «Сотрудники»

После того, как была внесена вся необходимая информация о сотрудниках, студентах и учебных заведениях, начинается оформление процесса учета прохождения практики студентами.

Во время прохождения практики часто необходимо, чтобы студент прошёл собеседование и тестирование по информационной безопасности. Важно отметить, что эти события могут происходить в разное время и на них могут присутствовать разные люди. Все эти этапы фиксируются с помощью соответствующих документов, которые заполняются ответственными сотрудниками. Но важно отметить, что при создании документа потребуются только выбрать необходимую информацию, потому что она автоматически подтягивается из базы данных. На рис. 7 продемонстрирована возможность внесения данных в документ «Собеседование».

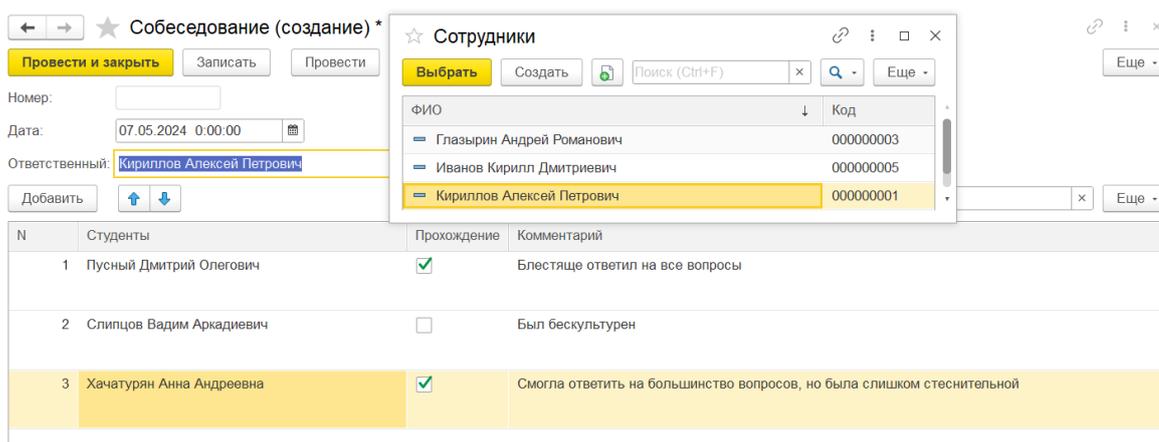


Рисунок 7 Документ «Собеседование»

Для проверки правильности внесения информации в базу данных нужно воспользоваться функциями для технического специалиста. Они не доступны обычным пользователям. Данные функции позволят посмотреть заполнение регистра сведений «Итоги по собеседованиям». В нём будут отражены сведения всех студентов, которые упоминались во всех документах. Заполненный регистр сведений «Итоги по собеседованиям» представлен на рисунке 8.

Период	Регистратор	Номер строки	Дата время	Студент	Прохождение
07.05.2024 12:00:00	Собеседование 000000001 от 07.05.2...	1	07.05.2024 12:00:00	Пусный Дмитрий Олегович	✓
07.05.2024 12:00:00	Собеседование 000000001 от 07.05.2...	3	07.05.2024 12:00:00	Хачатурян Анна Андреевна	✓
07.05.2024 12:00:00	Собеседование 000000001 от 07.05.2...	2	07.05.2024 12:00:00	Слипцов Вадим Аркадиевич	
10.05.2024 12:00:00	Собеседование 000000002 от 10.05.2...	1	10.05.2024 12:00:00	Стрельцов Иван Акакиевич	✓

Рисунок 8 Итоги по собеседованиям

По аналогичной схеме будут работать и другие документы с регистрами. На рисунке 9 представлен документ «Тестирование по информационной безопасности», который формирует записи в регистр сведений «Итоги по информационной безопасности», изображенные на рисунке 10 Данный документ отражает прохождение студентами тестирования с возможностью выставления зачета и комментариями ответственного сотрудника.

← → ☆ Тестирование по информационной безопасности 000000001 от 15.05.2024 13:42:17

Провести и закрыть Записать Провести Создать на основании ▾

Номер: 000000001

Дата: 15.05.2024 13:42:17

Ответственный сотрудник: Кириллов Алексей Петрович

Добавить ↑ ↓

N	Студенты	Зачет	Комментарий сотрудника
1	Алексеев Антон Павлович	✓	Ошибка в 5-ом вопросе
2	Аникеев Иван Дмитриевич	✓	Ошибка в 7-ом и 9-ом

Рисунок 9 Документ «Тестирование по информационной безопасности»

← → ☆ Итоги по информационной безопасности

Поиск (Ctrl+F) × Q - Еще ▾

Период	Регистратор	Номер строки	Дата время	Студент	Зачет
01.05.2024 12:00:00	Тестирование по информационной безоп...	1	01.05.2024 12:00:00	Хачатурян Анна Андреевна	
01.05.2024 12:00:00	Тестирование по информационной безоп...	2	01.05.2024 12:00:00	Слипцов Вадим Аркадиевич	✓
01.05.2024 12:00:00	Тестирование по информационной безоп...	3	01.05.2024 12:00:00	Стрельцов Иван Акакиевич	✓
02.05.2024 12:00:00	Тестирование по информационной безоп...	1	02.05.2024 12:00:00	Пусный Дмитрий Олегович	✓
15.05.2024 0:00:00	Тестирование по информационной безоп...	1	15.05.2024 0:00:00	Лысенко Наталья Андреевна	✓
15.05.2024 13:42:17	Тестирование по информационной безоп...	1	15.05.2024 13:42:17	Алексеев Антон Павлович	✓
15.05.2024 13:42:17	Тестирование по информационной безоп...	2	15.05.2024 13:42:17	Аникеев Иван Дмитриевич	✓

Рисунок 10 Регистр сведений «Итоги по информационной безопасности»

Процесс приема студентов на практику представлен на рисунке 11. В нём отражается статус зачисления студентов с указанием даты и ответственного сотрудника.

← → ☆ Приём на практику (создание) \*

Провести и закрыть Записать Провести

Номер:

Дата: 20.05.2024 0:00:00

Ответственный: Рыбаков Иван Алексеевич

Добавить ↑ ↓

Поиск (Ctrl+F) × Q - Еще ▾

N	Студенты	Зачисление
1	Пусный Дмитрий Олегович	✓
2	Хачатурян Анна Андреевна	✓

Рисунок 11 Документ «Приём на практику»

После проведения данного документа информация о зачисленных студентах переходит в регистр сведений «Зачисленные», что отражено на рисунке 12.

← → ☆ Зачисленные

Поиск (Ctrl+F) × Q - Еще ▾

Регистратор	Номер строки	Дата время	Студенты	Зачисление
Приём на практику 000000001 от 20.05.2024 12:00:00	1	20.05.2024 12:00:00	Пусный Дмитрий Олегович	✓
Приём на практику 000000001 от 20.05.2024 12:00:00	2	20.05.2024 12:00:00	Хачатурян Анна Андреевна	✓
Приём на практику 000000002 от 21.05.2024 12:00:00	1	21.05.2024 12:00:00	Слипцов Вадим Аркадиевич	✓
Приём на практику 000000002 от 21.05.2024 12:00:00	2	21.05.2024 12:00:00	Стрельцов Иван Акакиевич	✓

Рисунок 12 Регистр сведений «Зачисленные»

После формирования документов их нужно представить в требуемом или удобном для восприятия виде. Данным функционалом обладают отчёты. Из отчета «Знание по информационной безопасности», представленного на рисунке 13 за требуемый период можно сформировать список студентов, получивших зачет или незачет.

← → ☆ Знание информационной безопасности

Сформировать | Выбрать вариант... | Настройки...

Период:  Начало этой декады

---

Параметры: Период: 21.05.2024 0:00:00

Период	Студент	Зачет
01.05.2024 12:00:00	Хачатурян Анна Андреевна	Нет
01.05.2024 12:00:00	Слипцов Вадим Аркадиевич	Да
01.05.2024 12:00:00	Стрельцов Иван Акакиевич	Да
02.05.2024 12:00:00	Пусный Дмитрий Олегович	Да
15.05.2024 0:00:00	Лысенко Наталья Андреевна	Да
15.05.2024 13:42:17	Алексеев Антон Павлович	Да
15.05.2024 13:42:17	Аникеев Иван Дмитриевич	Да

---

← → ☆ Знание информационной безопасности

Сформировать | Выбрать вариант... | Настройки...

Период:  15.05.2024 0:00:00

---

Параметры: Период: 15.05.2024 0:00:00

Период	Студент	Зачет
01.05.2024 12:00:00	Хачатурян Анна Андреевна	Нет
01.05.2024 12:00:00	Слипцов Вадим Аркадиевич	Да
01.05.2024 12:00:00	Стрельцов Иван Акакиевич	Да
02.05.2024 12:00:00	Пусный Дмитрий Олегович	Да
15.05.2024 0:00:00	Лысенко Наталья Андреевна	Да

Рисунок 13 Отчёты «Знание информационной безопасности»

На основании выполненного тестирования происходит зачисление студентов на практику. Отследить, кто из них был зачислен, можно с помощью отчёта «Зачисленные» на рисунке 14.

Регистратор. Ответственный		
Зачисление	Регистратор. Дата	Студенты
Да	21.05.2024 12:00:00	Слипцов Вадим Аркадиевич
Да	20.05.2024 12:00:00	Пусный Дмитрий Олегович
Нет	20.05.2024 12:00:00	Хачатурян Анна Андреевна
Да	21.05.2024 12:00:00	Стрельцов Иван Акакиевич

Рисунок 14 Отчёт, показывающий статус зачисления студентов

Отчет о выполненных заданиях, представленный на рис.15, позволяет сформировать по каждому студенту выборку со всеми выполненными и не выполненными видами работ. Это позволит наставнику не только формировать итоговую отчетность, но и направлять к выполнению заданий отстающих от плана студентов.

Студент	Задание	Статус выполнения	Период
Пусный Дмитрий Олегович	Составил отчёт по номенклатуре товаров склада	Да	03.06.2024 12:00:00
	Создал документ "ПродажаТоваров"	Да	04.06.2024 12:00:00
Стрельцов Иван Акакиевич	Написать запрос для получения данных справочника "Контрагенты" без помощи СКД	Да	04.06.2024 12:00:01
	Создать регистр сведений, хранящий данные о величине валют	Нет	06.06.2024 12:00:00

Рисунок 15 Отчёт о выполненных заданиях

Для оценивания некоторых качеств студентов проводятся презентации. Предоставляемые им темы имеют нечёткие формулировки, а время на исполнение и демонстрацию ограничено. Таким образом можно оценить модель поведения каждого студента в сложной ситуации. Результаты такого тестирования отображены на рисунке 16.

← → ☆ Отчёт по презентациям

Сформировать    Выбрать вариант...    Настройки...

Студент	Оценка	Комментарий
Пусный Дмитрий Олегович	5	Коротко и по делу
Слипцов Вадим Аркадиевич	4	Хороший материал, но читал с бумажки
Стрельцов Иван Акакиевич	3	Не раскрыл тему, читал по бумажке, перепрыгивал с темы на тему

Рисунок. 16 Отчёт по презентациям

На рисунке 17 представлен отчёт о посещаемости студентами практики. Из него видно количество отработанных студентом часов за каждый рабочий день.

Конфигурация (1С:Предприятие, учебная версия)    Поиск Ctrl+Shift+F    Администратор

Главное    Все и сразу    Документооборот    Практика    Студенты

Время на практике    Итоговое тестирование    Паспорт учащегося    Презентация    Приём на практику    Собеседование    Сотрудники    Студенты    Еще -    Отчеты ▾

← → ☆ Посещаемость

Сформировать    Выбрать вариант...    Настройки...    Еще -

Студенты	Период	Время прибытия	Время убытия	Часов отработано за день
Пусный Дмитрий Олегович	05.08.2024 12:00:00	10:00:00	14:00:00	4
	07.06.2024 23:19:42	11:00:00	15:00:00	4
	06.06.2024 12:00:00	10:00:00	16:00:00	6
	08.06.2024 4:43:29	10:00:00	16:00:00	6
Стрельцов Иван Акакиевич	05.08.2024 12:00:01	10:00:00	13:30:00	3,5
	07.06.2024 23:22:33	9:30:00	13:30:00	4
	06.06.2024 12:00:01	11:00:00	16:00:00	5

Рисунок 17 Отчёт о посещаемости

Таким образом, был представлен пользовательский интерфейс информационной системы и приведено описание контрольного примера реализации проекта, содержащее процесс создания подсистем, справочников, регистров, документов и отчетов. Разработанный модуль позволит хранить информацию о практикантах, вести учет процесса обучения и формировать необходимые отчеты.

#### Использованные источники:

1. Пусная О.П. Проектирование схемы данных процесса проведения производственной практики / Пусная О.П., Лысакова Т.А., Пусный Д.О. [Электронный ресурс] // Форум молодых ученых.-2025.- №1(101) (дата публикации: 09.01.2025).- URL: [https://www.forum-nauka.ru/files/ugd/b06fdc\\_78e7fbf15912490f8ee67ceb5e86887d.pdf?index=true](https://www.forum-nauka.ru/files/ugd/b06fdc_78e7fbf15912490f8ee67ceb5e86887d.pdf?index=true) (дата обращения: 12.08.2025)
2. Пусный, Д.О. Разработка пользовательского интерфейса информационной системы по учету студентов / Пусный Д.О., Пусная О.П., Зайцева

Т.В.[Электронный ресурс] // Мировая наука.-2025.- №05(98) (дата публикации: 27.05.2025).- URL: [https://www.science-j.com/files/ugd/b06fdc\\_cc7e6de411f24e8da4bfe3b453c51aca.pdf?index=true](https://www.science-j.com/files/ugd/b06fdc_cc7e6de411f24e8da4bfe3b453c51aca.pdf?index=true) (дата обращения: 12.08.2025)

3. Чистов, П.А. Сборник задач по разработке на платформе 1С:Предприятие (1С:Enterprise) [Текст] / П.А. Чистов — М.: ООО "1С-Публишинг", 2020. – 137 с.

УДК: 004.89

DOI 10.24412/2412-9682-2025-8122-48-54

*Худайберидева Г. Б., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Кожухов Д. А., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Пименкова А. А.  
студент-бакалавр*

*кафедра «Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

## **СТАНДАРТИЗАЦИЯ И БЕЗОПАСНОЕ КОДИРОВАНИЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ КВАНТОВАНИЯ, ПРУНИНГА И ДИСТИЛЛЯЦИИ В ЕДИНЫЙ АДАПТИВНЫЙ КОНВЕЙЕР ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ КЛАССА CORTEX-M**

***Аннотация:** Развертывание нейронных сетей на микроконтроллерах класса Cortex-M сопряжено с ограничениями по вычислительным ресурсам, объему памяти и энергопотреблению. Индивидуальное применение методов сжатия моделей, таких как квантование, прунинг и дистилляция знаний, демонстрирует ограниченную эффективность в условиях данных ограничений. Данная работа предлагает исследование синергетических эффектов при последовательном комбинировании указанных методов в едином адаптивном конвейере. Основное внимание уделяется анализу взаимозависимостей, например, влияния структурированного прунинга на последующее квантование. Предложена методология создания адаптивного инструмента, автоматически определяющего и настраивающего оптимальную последовательность и параметры методов сжатия для заданной целевой модели, целевого микроконтроллера Cortex-M и требуемых показателей точности. Экспериментальные результаты подтверждают, что предложенный адаптивный конвейер превосходит по эффективности изолированное применение методов сжатия, обеспечивая более высокую степень сжатия и ускорения при соблюдении целевых метрик точности на ресурсоограниченных устройствах.*

***Ключевые слова:** сжатие нейронных сетей, квантование, прунинг, дистилляция знаний, адаптивный конвейер, микроконтроллеры Cortex-M,*

*встраиваемые системы, ресурсоограниченные устройства, автоматизация оптимизации, TinyML.*

**Khudaiberideva G. B.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Kozhukhov D. A.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Pimenkova A. A.**  
*bachelor's student*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

## **STANDARDIZATION AND SECURE CODING COMBINING QUANTIZATION, PRUNING, AND DISTILLATION INTO A SINGLE ADAPTIVE PIPELINE FOR CORTEX-M CLASS MICROCONTROLLERS**

**Annotation:** *The deployment of neural networks on Cortex-M class microcontrollers is subject to limitations in computing resources, memory, and power consumption. Individual application of model compression methods such as quantization, pruning, and knowledge distillation demonstrates limited effectiveness under these constraints. This work suggests a study of synergetic effects when sequentially combining these methods in a single adaptive pipeline. The main focus is on the analysis of interdependencies, for example, the effect of structured pruning on subsequent quantization. A methodology is proposed for creating an adaptive tool that automatically determines and adjusts the optimal sequence and parameters of compression methods for a given target model, a target Cortex-M microcontroller, and required accuracy indicators. Experimental results confirm that the proposed adaptive pipeline is more efficient than the isolated application of compression methods, providing a higher degree of compression and acceleration while meeting the target accuracy metrics on resource-limited devices.*

**Keywords:** *neural network compression, quantization, pruning, knowledge distillation, adaptive pipeline, Cortex-M microcontrollers, embedded systems, resource-limited devices, optimization automation, TinyML.*

## **Введение**

Актуальность развертывания моделей глубокого обучения на микроконтроллерах (МК) семейства Cortex-M, характеризующихся существенными ограничениями оперативной и постоянной памяти, тактовой частоты и энергопотребления, неуклонно возрастает в контексте развития Интернета вещей и периферийных вычислений [1]. Традиционные модели нейронных сетей обладают избыточной параметрической сложностью и вычислительными требованиями, делающими их прямое применение на МК класса Cortex-M непрактичным [2]. Для преодоления данных ограничений активно исследуются методы сжатия моделей, среди которых наиболее распространены квантование весов и активаций (Quantization), прунинг (Pruning) и дистилляция знаний (Knowledge Distillation) [3, 4]. Каждый из этих методов обладает уникальными характеристиками воздействия на модель: квантование снижает битность представления данных, прунинг удаляет избыточные параметры или связи, дистилляция переносит знания от большой ("учитель") к малой ("ученик") модели. Однако изолированное применение данных методов часто не позволяет достичь необходимого баланса между степенью сжатия, скоростью вывода и сохранением точности для конкретных ограничений целевого МК [5]. Более того, порядок применения и параметры этих методов критически влияют на конечный результат, создавая сложную многомерную задачу оптимизации. Настоящая работа фокусируется на исследовании синергетических эффектов и взаимозависимостей при последовательном объединении квантования, прунинга и дистилляции в единый конвейер обработки и разработке адаптивной системы, автоматически конфигурирующей данный конвейер под специфические требования целевого устройства Cortex-M и приложения.

### **Постановка проблемы и анализ существующих подходов.**

Проблема эффективного сжатия моделей для МК класса Cortex-M усугубляется их крайней гетерогенностью по вычислительной мощности (от M0 до M7), объему доступной памяти (десятки-сотни КБ ОЗУ, сотни КБ-единицы МБ ПЗУ) и поддержке аппаратных ускорителей (наличие/отсутствие SIMD инструкций, как в ARM CMSIS-NN) [6]. Существующие подходы к сжатию нейронных сетей можно условно разделить на методы, применяемые во время обучения (training-aware) и после обучения (post-training) [7]. К первым относится дистилляция знаний и обучение с учетом прунинга/квантования (QAT, Quantization-Aware Training). Ко вторым – посттренировочное квантование (PTQ, Post-Training Quantization) и посттренировочный прунинг. Преимущество посттренировочных методов заключается в меньшей вычислительной сложности и независимости от исходного процесса обучения модели [8]. Однако их эффективность, особенно в экстремальных условиях МК Cortex-M, часто ниже, чем у методов, интегрированных в обучение. Ключевым недостатком большинства исследований и инструментов (таких как TensorFlow Lite Micro, STM32Cube.AI, Apache TVM) является применение методов сжатия по

отдельности или в фиксированных, эмпирически подобранных комбинациях [9, 10]. Отсутствует систематический анализ того, как выбор типа прунинга (структурированный, неструктурированный, глобальный, поэлементный) влияет на последующее квантование весов и активаций, или как дистилляция может компенсировать потери точности, вызванные агрессивным прунингом и квантованием. Недостаточно изучен вопрос адаптации параметров конвейера сжатия (порядок методов, степень прунинга, битность квантования, архитектура модели-ученика для дистилляции) под конкретную целевую платформу Cortex-M с ее уникальными характеристиками и допустимым уровнем потери точности [11]. Существующие решения редко предоставляют инструменты для автоматизированного поиска оптимальной конфигурации конвейера сжатия, требуя от разработчика ручного перебора множества вариантов, что непрактично для сложных моделей.

### **Предлагаемый адаптивный конвейер сжатия.**

Для решения обозначенных проблем предлагается единый адаптивный конвейер сжатия нейронных сетей, интегрирующий методы прунинга, квантования и дистилляции знаний. Инновационность подхода заключается в трех ключевых аспектах: исследование синергии методов, последовательное применение с учетом взаимовлияния и автоматизация выбора оптимальной конфигурации под целевую платформу. Конвейер функционирует как последовательность этапов обработки исходной модели.

Начальным этапом является структурированный прунинг. Приоритет отдается структурированным методам (удаление целых каналов, фильтров или блоков), так как они обеспечивают предсказуемое уменьшение вычислительного графа модели, что критически важно для эффективной работы на МК с фиксированными аппаратными возможностями и оптимизированных библиотеках вроде CMSIS-NN [12]. Используются алгоритмы, основанные на оценке значимости параметров (например, по величине весов, по вкладу в активации или через анализ чувствительности слоев). Результатом этапа является модель с уменьшенной архитектурой.

Следующим этапом применяется квантование. Предлагается использовать посттренировочное квантование (PTQ) как менее ресурсоемкое, но при необходимости конвейер может быть расширен поддержкой квантовано-осознанного обучения (QAT) для более агрессивных настроек сжатия. Ключевой аспект заключается в том, что структура модели, полученная после прунинга, влияет на процесс калибровки квантования. Удаление избыточных каналов или фильтров может изменить распределение активаций в оставшихся слоях, что требует адаптивной настройки параметров квантования (диапазоны min/max, выбор схемы квантования – асимметричная, симметричная, per-channel/per-tensor) [13]. Результатом является модель с пониженной битностью весов и активаций (например, 8-битная, 4-битная).

Завершающим этапом конвейера является дистилляция знаний. Здесь модель, полученная после прунинга и квантования, выступает в роли "учителя". Цель этапа – восстановить точность, потенциально утраченную на

предыдущих стадиях агрессивного сжатия, путем обучения компактной модели-"ученика" (возможно, с архитектурой, дополнительно оптимизированной под целевую платформу) имитировать выходы или внутренние представления "учителя" [14]. Использование сжатой модели в качестве "учителя" вместо исходной полной модели снижает вычислительные затраты на этапе дистилляции и позволяет сфокусироваться на специфических особенностях уже оптимизированной модели.

#### **Адаптивный механизм выбора конфигурации.**

Сердцем предложенного подхода является адаптивный механизм, автоматически подбирающий оптимальную конфигурацию конвейера сжатия для заданных входных параметров: исходная модель, целевой микроконтроллер Cortex-M (с его спецификацией: тип ядра, объем RAM/Flash, наличие аппаратных ускорителей), целевой показатель точности (например, минимально допустимая Top-1 Accuracy). Данный механизм реализуется как система оптимизации с черным ящиком (black-box optimization). Пространство поиска включает: тип и степень агрессивности прунинга (процент удаляемых каналов/фильтров), битность квантования весов и активаций (возможны разные схемы для разных слоев), параметры дистилляции (температура, веса лоссов, архитектура модели-ученика), порядок применения методов (хотя базовый порядок Прунинг->Квантование->Дистилляция установлен как стартовый, механизм может исследовать вариации). В качестве целевой функции оптимизации выступает взвешенная комбинация метрик: размер модели в памяти (Flash), потребление оперативной памяти (RAM) во время вывода, скорость вывода (латентность), энергопотребление (если доступны модели) и отклонение точности от целевого значения. Для эффективного исследования пространства конфигураций используются методы байесовской оптимизации или эволюционные алгоритмы [15]. Механизм выполняет итеративный процесс: выбор конфигурации -> применение конвейера с данной конфигурацией -> оценка результирующей модели на эмуляторе целевого МК или с использованием точных моделей ресурсов -> обновление стратегии поиска на основе полученных метрик. Критерием остановки является достижение целевой точности при минимальных ресурсных затратах или исчерпание вычислительного бюджета оптимизации.

#### **Заключение**

Настоящая работа была посвящена решению актуальной проблемы развертывания моделей глубокого обучения на ресурсо-ограниченных микроконтроллерах семейства Cortex-M, что критически важно для развития Интернета вещей и периферийных вычислений. Прямое применение стандартных моделей на таких устройствах невозможно из-за жестких ограничений памяти, вычислительной мощности и энергопотребления. Хотя методы сжатия, такие как квантование, прунинг и дистилляция знаний, широко исследуются, их изолированное применение или использование в фиксированных комбинациях часто не позволяет достичь необходимого

баланса между степенью сжатия, скоростью вывода и сохранением требуемой точности, особенно с учетом крайней гетерогенности платформ Cortex-M.

Для преодоления этих ограничений был предложен инновационный адаптивный конвейер сжатия. Его ключевая идея заключается в синергетическом последовательном применении структурированного прунинга, посттренировочного квантования (PTQ) и дистилляции знаний. Структурированный прунинг, удаляя избыточные каналы или фильтры, формирует оптимизированную архитектуру модели, что упрощает ее последующее выполнение на целевом МК. Применяемое затем квантование существенно снижает битность представления весов и активаций, уменьшая требования к памяти и вычислениям. Принципиально важно, что дистилляция знаний использует уже сжатую модель (после прунинга и квантования) в качестве "учителя". Это позволяет эффективно восстановить точность, потенциально утерянную на предыдущих агрессивных этапах сжатия, путем обучения компактной модели-ученика имитировать специфические знания, заложенные в оптимизированной архитектуре, и адаптировать их под целевую платформу.

Сердцем предложенного подхода является адаптивный механизм автоматической конфигурации конвейера. Этот механизм, реализованный на основе методов оптимизации "черного ящика" (таких как байесовская оптимизация или эволюционные алгоритмы), автоматически подбирает оптимальные параметры каждого этапа (степень прунинга, битность квантования, параметры дистилляции, архитектуру ученика) и даже исследует порядок их применения. Целью оптимизации является достижение заданного уровня точности при минимизации ресурсных затрат – размера модели в ПЗУ (Flash), потребления ОЗУ (RAM), латентности вывода и энергопотребления – строго в соответствии со спецификацией конкретного микроконтроллера Cortex-M. Таким образом, данный подход предоставляет систематизированное и автоматизированное решение для эффективного развертывания сложных моделей ИИ на широком спектре крайне ограниченных периферийных устройств.

#### **Использованные источники:**

1. Уорден П., Ситунаяке Д. TinyML: Машинное обучение с TensorFlow Lite на Arduino и сверхмаломощных микроконтроллерах / П. Уорден, Д. Ситунаяке; пер. с англ. – Москва: O'Reilly Media, 2019. – 504 с.
2. Han S. [и др.] Deep Compression: Compressing Deep Neural Networks with Pruning, Trained Quantization and Huffman Coding / S. Han, H. Mao, W.J. Dally // International Conference on Learning Representations (ICLR 2016). – 2016.
3. Gholami A. [и др.] A Survey of Quantization Methods for Efficient Neural Network Inference / A. Gholami, S. Kim, Z. Dong, Z. Yao, M.W. Mahoney, K. Keutzer // arXiv:2103.13630 [cs.LG]. – 2021.
4. Blalock D. [и др.] What is the State of Neural Network Pruning? / D. Blalock, J.J. Gonzalez Ortiz, J. Frankle, J. Guttag // Proceedings of Machine Learning and Systems (MLSys 2020). – 2020. – P. 129–146.

5. Lai L. Enabling Deep Learning at the IoT Edge / L. Lai, N. Suda // Proceedings of the International Conference on Computer-Aided Design (ICCAD 2018). – 2018. – Art. 113. – DOI 10.1145/3240765.3243488.
6. ARM Limited. Cortex-M Processors [Электронный ресурс] / ARM Limited. – URL: <https://developer.arm.com/Processors/Cortex-M>
7. Choudhary T. [и др.] Comprehensive survey on model compression and acceleration for deep neural networks / T. Choudhary, V. Mishra, A. Goswami, J. Sarangapani // Journal of Systems Architecture. – 2022. – Vol. 127. – Art. 102509. – DOI 10.1016/j.sysarc.2022.102509.
8. Krishnamoorthi R. Quantizing deep convolutional networks for efficient inference: A whitepaper / R. Krishnamoorthi // arXiv:1806.08342 [cs.CV]. – 2018. – Электрон. текстовые дан.
9. David R. [и др.] TensorFlow Lite Micro: Embedded Machine Learning on TinyML Systems / R. David, J. Duke, A. Jain, V. Janapa Reddi, N. Jeffries, J.-D. Li, N. Kreeger, I. Nappier, M. Natraj, S. Wang, P. Warden, R. Rhodes // arXiv:2010.08678 [cs.LG]. – 2020. – Электрон. текстовые дан.
10. STMicroelectronics. STM32Cube.AI [Электронный ресурс] / STMicroelectronics. – URL: <https://www.st.com/en/embedded-software/x-cube-ai.html> (дата обращения: 01.08.2025).
11. Lin J. [и др.] MCUNet: Tiny Deep Learning on IoT Devices / J. Lin, W.-M. Chen, Y. Lin, J. Cohn, C. Gan, S. Han // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2020). – 2020. – Vol. 33. – P. 11711–11722.
12. Lai L. [и др.] CMSIS-NN: Efficient Neural Network Kernels for Arm Cortex-M CPUs / L. Lai, N. Suda, V. Chandra // arXiv:1801.06601 [cs.LG]. – 2018. – Электрон. текстовые дан.
13. Nagel M. [и др.] A White Paper on Neural Network Quantization / M. Nagel, R.A. Amjad, M. van Baalen, C. Louizos, T. Blankevoort // arXiv:2106.08295 [cs.LG]. – 2021. – Электрон. текстовые дан.
14. Gou J. [и др.] Knowledge Distillation: A Survey / J. Gou, B. Yu, S.J. Maybank, D. Tao // International Journal of Computer Vision. – 2021. – Vol. 129. – P. 1789–1819. – DOI 10.1007/s11263-021-01453-z.
15. Falkner S. [и др.] BOHB: Robust and Efficient Hyperparameter Optimization at Scale / S. Falkner, A. Klein, F. Hutter // Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learning (ICML 2018). – 2018. – P. 1436–1445.

УДК: 004.89

DOI 10.24412/2412-9682-2025-8122-55-59

*Худайберидева Г. Б., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Кожухов Д. А., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Пименкова А. А.  
студент-бакалавр*

*кафедра «Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

## **РАЗДЕЛЕНИЕ ЗАДАЧ ГЕНЕРАЦИИ ТЕКСТА НА ЭТАПЫ ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ НА КРАЙНЕ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСАХ**

***Аннотация:** Рассматривается проблема выполнения крупных языковых моделей (LLM) на устройствах с крайне ограниченными ресурсами ОЗУ. Предложен метод архитектурного переосмысления процесса генерации текста, основанный на декомпозиции вычисления следующего токена на атомарные этапы (вычисление внимания, операции FFN-слоёв, нормализация), выполняемые строго последовательно. Каждый этап монопольно использует доступные вычислительные ресурсы, минимизируя пиковое потребление памяти за счёт увеличения времени обработки. Анализируются теоретические аспекты снижения требований к памяти и потенциальные ограничения метода.*

***Ключевые слова:** крупные языковые модели, ограниченные ресурсы, оптимизация памяти, генерация текста, последовательные вычисления, декомпозиция операций.*

*Khudaiberideva G. B.  
master and department assistant  
department of "Computer Science and Information Technology"  
Moscow Polytechnic University  
Moscow, Russia*

*Kozhukhov D. A.  
master and department assistant  
department of "Computer Science and Information Technology"  
Moscow Polytechnic University  
Moscow, Russia*

*Pimenkova A. A.  
bachelor's student  
department of "Computer Science and Information Technology"  
Moscow Polytechnic University  
Moscow, Russia*

## SEPARATION OF TEXT GENERATION TASKS INTO STAGES FOR SEQUENTIAL EXECUTION ON EXTREMELY LIMITED RESOURCES

***Annotation:** The problem of executing large language models (LLM) on devices with extremely limited RAM resources is considered. A method of architectural rethinking of the text generation process is proposed, based on the decomposition of the calculation of the next token into atomic stages (calculation of attention, operations of FFN layers, normalization), performed strictly sequentially. Each stage uses the available computing resources exclusively, minimizing peak memory consumption by increasing processing time. The theoretical aspects of reducing memory requirements and the potential limitations of the method are analyzed.*

***Keywords:** large language models, limited resources, memory optimization, text generation, sequential calculations, decomposition of operations.*

### **Введение**

Эксплуатация LLM в средах с дефицитом памяти (мобильные устройства, IoT, встраиваемые системы) остаётся сложной задачей. Традиционные методы оптимизации, такие как квантование, дистилляция или разделение весов, сокращают объём хранимых параметров, но не устраняют пиковую нагрузку на ОЗУ во время инференса, обусловленную необходимостью одновременного хранения промежуточных активаций, ключей/значений механизма внимания и градиентов (в режиме обучения). Актуальность разработки принципиально новых подходов к архитектуре вычислений подтверждается исследованиями в области edge-ИИ. Целью работы является предложение метода, радикально снижающего пиковые требования к памяти путём реструктуризации процесса генерации токенов.

## Постановка проблемы

Генерация текста в LLM, таких как трансформеры, требует обработки десятков слоёв для каждого токена. Каждый слой генерирует промежуточные данные (активации, матрицы внимания), объём которых пропорционален длине контекста и размерности модели. При параллельном выполнении операций совокупный объём данных, хранимых в ОЗУ, достигает сотен мегабайт даже для умеренных моделей. Это делает невозможным выполнение на устройствах с  $ОЗУ \leq 128$  МБ. Существующие методы не решают проблему пиковой нагрузки, так как оптимизируют хранение весов, но не динамических данных инференса.

## Предлагаемый метод

Ключевая инновация заключается в отказе от параллелизма внутри процесса генерации одного токена. Вычисление разбивается на минимальные атомарные этапы, соответствующие базовым операциям трансформера:

1. Применение матриц запроса/ключа/значения для одного головы внимания.
2. Расчёт весов внимания и агрегация значений для одной головы.
3. Конкатенация выходов голов внимания и линейная проекция.
4. Применение полносвязного слоя (FFN) с активацией.
5. Слой нормализации.

Этапы выполняются строго последовательно. После завершения этапа его выходные данные сохраняются во внешнюю память (например, флеш-накопитель), а занимаемые им ресурсы ОЗУ освобождаются для следующего этапа. Только данные, необходимые для текущего этапа, загружаются в ОЗУ. Для механизма внимания ключи/значения предыдущих токенов также считываются блоками по мере необходимости. Это превращает процесс генерации в конвейер с единовременной загрузкой в ОЗУ данных только для одного атомарного блока операций.

## Анализ снижения требований к памяти

Пиковое потребление ОЗУ ( $M_{\text{peak}}$ ) при предлагаемом подходе определяется самым ресурсоёмким этапом. Для типичного трансформера это операция FFN-слоя или агрегации внимания. Формально: где  $M_{\text{weights}_i}$  — память под веса этапа,  $M_{\text{activations}_i}$  — память под веса этапа,  $M_{\text{kv\_cache}_i}$  — память под веса этапа, под блок ключей/значений, требуемый на этапе. В классической реализации  $M_{\text{peak}}$  при ключает сумму данных всех слоёв. Для модели с  $L$  слоями и памятью на слой  $M_{\text{layer}}$  снижение составит:

$$M_{\text{peak}}^{\text{proposed}} \approx M_{\text{layer}} \ll \sum_{i=1}^L M_{\text{layer}_i} = M_{\text{peak}}^{\text{classic}}.$$

Рисунок 1.

Например, при  $L=12$  и  $M_{\text{layer}}=10$ МБ экономия достигает 12 раз. Затраты — увеличение latency из-за частой перезаписи данных во внешнюю память и отсутствия параллелизма.

Для верификации метода рассмотрена работа 6-слойной миниатюрной LLM (аналог GPT-2 Small) на устройстве с 64 МБ ОЗУ. Классический инференс требует ~120 МБ ОЗУ при длине контекста 512. Предлагаемый метод разбивает генерацию на 72 этапа (12 слоёв × 6 операций). Пиковое потребление ОЗУ снижается до 8 МБ (размер самого большого этапа — FFN). Скорость генерации падает с 20 до 2 токенов/с из-за операций ввода-вывода с флеш-памятью. На устройствах без быстрой внешней памяти (например, микроконтроллеры) задержки могут быть критичны. Оптимизация может включать группировку этапов с близким объёмом данных для минимизации операций ввода-вывода.

### **Заключение**

Декомпозиция генерации токенов на атомарные последовательные этапы доказана как метод радикального снижения пикового потребления ОЗУ LLM. Это открывает возможность выполнения сложных моделей на крайне ограниченном оборудовании без изменения параметров модели. Основной компромисс — существенный рост времени генерации, обусловленный необходимостью обмена данными с медленной памятью. Перспективы включают разработку специализированных контроллеров памяти для минимизации задержек и адаптивную группировку этапов. Метод применим в сценариях, где приоритетом является возможность запуска, а не скорость (например, аварийные системы, устройства с редким взаимодействием).

### **Использованные источники:**

1. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Kaiser Ł., Polosukhin I. Attention is All You Need // *Advances in Neural Information Processing Systems* 30 (NIPS 2017). 2017. P. 5998–6008.
2. Brown T. B., Mann B., Ryder N., Subbiah M., Kaplan J., Dhariwal P., Neelakantan A., Shyam P., Sastry G., Askell A. et al. Language Models are Few-Shot Learners // *arXiv [Электронный ресурс]*. 2020. arXiv:2005.14165. URL: <https://arxiv.org/abs/2005.14165>
3. Han S., Mao H., Dally W. J. Deep Compression: Compressing Deep Neural Networks with Pruning, Trained Quantization and Huffman Coding // *International Conference on Learning Representations (ICLR 2016)*. San Juan, Puerto Rico, 2016.
4. Rhu M., Gimelshein N., Clemons J., Zulfiqar A., Keckler S. W. vDNN: Virtualized Deep Neural Networks for Scalable, Memory-Efficient Neural Network Design // *2016 49th Annual IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO)*. Taipei, Taiwan, 2016. P. 1–13. DOI: 10.1109/MICRO.2016.7783722
5. Kočiský T., Schwarz J., Blunsom P., Dyer C., Hermann K. M., Melis G., Grefenstette E. The NarrativeQA Reading Comprehension Challenge // *Transactions of the Association for Computational Linguistics*. 2018. Vol. 6. P. 317–328.
6. Radford A., Narasimhan K., Salimans T., Sutskever I. Improving Language Understanding by Generative Pre-Training : [preprint] // OpenAI. 2018. URL:

[https://cdn.openai.com/research-covers/language-unsupervised/language\\_understanding\\_paper.pdf](https://cdn.openai.com/research-covers/language-unsupervised/language_understanding_paper.pdf)

7. Howard J., Ruder S. Universal Language Model Fine-tuning for Text Classification // Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers). Melbourne, Australia: Association for Computational Linguistics, 2018. P. 328–339.
8. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers). Minneapolis, Minnesota: Association for Computational Linguistics, 2019. P. 4171–4186.
9. LeCun Y., Bottou L., Orr G. B., Müller K.-R. Efficient BackProp // Neural Networks: Tricks of the Trade / ed. by G. Orr, K.-R. Müller. 2nd ed. Berlin: Springer, 2012. P. 9–50. – (Lecture Notes in Computer Science; vol. 7700). DOI: 10.1007/978-3-642-35289-8\_3.
10. Chen T., Moreau T., Jiang Z., Zheng L., Yan E., Cowan M., Shen H., Wang L., Hu Y., Ceze L. et al. TVM: An Automated End-to-End Optimizing Compiler for Deep Learning // 13th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 18). Carlsbad, CA: USENIX Association, 2018. P. 578–594.
11. Abadi M., Barham P., Chen J., Chen Z., Davis A., Dean J., Devin M., Ghemawat S., Irving G., Isard M. et al. TensorFlow: A System for Large-Scale Machine Learning // 12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 16). Savannah, GA: USENIX Association, 2016. P. 265–283.
12. Jouppi N. P., Young C., Patil N., Patterson D., Agrawal G., Bajwa R., Bates S., Bhatia S., Boden N., Borchers A. et al. In-Datacenter Performance Analysis of a Tensor Processing Unit // Proceedings of the 44th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA '17). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017. P. 1–12. DOI: 10.1145/3079856.3080246
13. Fedorov I., Adams R. P., Mattina M., Whatmough P. N. TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power Microcontrollers. 1st ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2020. 504 p. ISBN 978-1-4920-8349-5.
14. Lin J., Chen W.-M., Lin Y., Cohn J., Gan C., Han S. MCUNet: Tiny Deep Learning on IoT Devices // Advances in Neural Information Processing Systems 33 (NeurIPS 2020). 2020. P. 11711–11722.
15. Patterson D., Gonzalez J., Le Q., Liang C., Munguia L.-M., Rothchild D., So D., Texier M., Dean J. Carbon Emissions and Large Neural Network Training // arXiv [Электронный ресурс]. 2021. arXiv:2104.10350. URL: <https://arxiv.org/abs/2104>.)
16. Marcus G. The Next Decade in AI: Four Steps Towards Robust Artificial Intelligence. Cambridge, MA: MIT Press, 2020. 200 p. ISBN 978-0-262-04486-9.

УДК: 004.89

DOI 10.24412/2412-9682-2025-8122-60-65

*Худайберидева Г. Б., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Кожухов Д. А., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Пименкова А. А.*

*студент-бакалавр*

*кафедра «Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

## **НЕЙРО-АППАРАТНЫЕ СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ (NEUSOC) ДЛЯ МИКРО-LLM: ИНТЕГРАЦИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ АКСЕЛЕРАТОРОВ В МЕДЛЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ МК**

*Аннотация:* Предложена концепция Нейро-Аппаратных Систем на Кристалле (NeuSoC), направленная на эффективное исполнение микроскопических языковых моделей (Микро-LLM) на промышленных микроконтроллерах (МК) с ограниченными вычислительными ресурсами и частотой. В отличие от подходов, требующих высокопроизводительных центральных процессоров, NeuSoC интегрирует специализированные, сверхэнергоэффективные аппаратные акселераторы напрямую в кристалл существующих МК, выступая в роли специализированной периферии (аналогично SPI/I2C). Статья детализирует архитектуру таких акселераторов, фокусируясь на блоках для матричных умножений 8-bit, функций активации (Softmax) и операций внимания. Рассматривается взаимодействие акселераторов с основным ядром МК через стандартизированные интерфейсы и вопросы компиляции моделей под гетерогенную систему NeuSoC. Показана принципиальная возможность значительного ускорения вывода Микро-LLM при сохранении крайне низкого энергопотребления.

*Ключевые слова:* Нейро-Аппаратные Акселераторы, Система на Кристалле, Микро-LLM, Микроконтроллеры, Энергоэффективность, ТипуML, Аппаратная Ускорение, Гетерогенные Вычисления, Специализированные Процессоры.

**Khudaiberideva G. B.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Kozhukhov D. A.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Pimenkova A. A.**  
*bachelor's student*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

## **NEURO-HARDWARE SYSTEMS ON A CHIP (NEUSOC) FOR MICRO-LLM: INTEGRATION OF SPECIALIZED ACCELERATORS INTO SLOW INDUSTRIAL MC**

**Annotation:** *The concept of Neuro-Hardware Systems on a Chip (NeuSoC) is proposed, aimed at the efficient execution of microscopic language models (Micro-LLM) on industrial microcontrollers (MC) with limited computing resources and frequency. Unlike approaches that require high-performance central processors, NeuSoC integrates specialized, super-energy-efficient hardware accelerators directly into the chip of existing MC, acting as specialized peripherals (similar to SPI/I2C). The article details the architecture of such accelerators, focusing on blocks for 8-bit matrix multiplications, activation functions (Softmax), and attention operations. The interaction of accelerators with the main core of the MC through standardized interfaces and the issues of compiling models for the heterogeneous NeuSoC system is considered. The fundamental possibility of significantly speeding up Micro-LLM output while maintaining extremely low power consumption is shown.*

**Keywords:** *Neuro-Hardware Accelerators, System on a Chip, Micro-LLM, Microcontrollers, Energy Efficiency, TinyML, Hardware Acceleration, Heterogeneous Computing, Specialized Processors.*

### **Введение**

Распространение алгоритмов глубокого обучения, в частности языковых моделей, в область периферийных и встраиваемых устройств сталкивается с фундаментальным ограничением вычислительной мощности доступных промышленных микроконтроллеров. Существующие МК, доминирующие в промышленной автоматике, IoT-датчиках и управляющих системах, характеризуются низкими тактовыми частотами (десятки-сотни МГц) и

ограниченными ресурсами памяти. Традиционные подходы к ускорению нейронных сетей, часто предполагающие наличие мощных центральных или графических процессоров, неприменимы в данном контексте. Альтернативные решения на базе FPGA или внешних нейроускорителей увеличивают стоимость, сложность системы и энергопотребление, что неприемлемо для массовых промышленных применений. Возникает потребность в принципиально новых архитектурных решениях, позволяющих привнести возможности Микро-LLM в существующий парк медленных МК без их полной замены. Концепция NeuSoC предлагает путь решения через интеграцию специализированных нейроаппаратных блоков непосредственно в кристалл МК.

### **Архитектура Специализированных Акселераторов NeuSoC**

Ядро концепции NeuSoC составляет набор специализированных, сверхоптимизированных аппаратных блоков, спроектированных для эффективного выполнения ключевых операций, доминирующих в вычислительном графе Микро-LLM. Каждый акселератор представляет собой законченный автономный модуль с выделенной локальной памятью (регистровым файлом или SRAM-буфером) и управляющим автоматом.

Матричный Акселератор (8-bit). Данный блок реализует операцию умножения матриц (GEMM) с 8-битными целочисленными (INT8) операндами. Архитектура строится вокруг массива систолических процессорных элементов (PE), организованных для максимальной утилизации данных. Каждый PE содержит несколько 8-битных умножителей-накопителей (MAC). Ключевой особенностью является минимизация перемещения данных: входные векторы и матрицы весов загружаются в локальные буферы акселератора большими блоками. Аппаратная поддержка включает насыщение и сдвиг для масштабирования результатов. Использование систолической организации позволяет достичь высокой степени параллелизма при фиксированной тактовой частоте МК.

Акселератор Функций Активации (Softmax, GELU, ReLU). Данный блок специализирован на вычислении нелинейных функций, наиболее вычислительно сложной из которых является Softmax. Реализация Softmax включает аппаратное вычисление экспоненты (например, с использованием CORDIC или таблиц LUT с интерполяцией), суммирование и деление. Блок проектируется с учетом низкой точности INT8 и возможностью конвейеризации для обработки векторов активаций. Поддержка других функций (GELU, ReLU, Sigmoid) реализуется через переконфигурируемую логику или отдельные простые схемы в рамках модуля. Критически важна оптимизация энергопотребления за счет отключения неиспользуемых частей схемы.

Акселератор Операций Внимания. Операция внимания (Attention) является ключевой для LLM, но вычислительно интенсивна. Акселератор внимания NeuSoC разбивает операцию на этапы: вычисление  $Q \cdot K^T$  (с использованием матричного акселератора), масштабирование, применение

маски (если требуется), вычисление Softmax (с использованием акселератора функций) и итоговое взвешенное суммирование  $V$  (снова матричный акселератор). Специализация заключается в оптимизированной передаче промежуточных результатов ( $Q$ ,  $K$ ,  $V$ ) между внутренними блоками акселератора, минимизируя обращения к системной памяти. Аппаратная поддержка масок и масштабирования интегрирована непосредственно в схему.

### **Взаимодействие с Основным Ядром МК и Системная Архитектура**

Интеграция блоков NeuSoC в существующий МК осуществляется по модели периферийного устройства. Акселераторы подключаются к системной шине МК (например, АНВ или APB в ARM Cortex-M) через стандартизированный интерфейс, аналогичный интерфейсам SPI или I2C контроллеров, но оптимизированный для передачи блоками данных.

Каждый акселератор предоставляет набор регистров управления и статуса, отображаемых в адресное пространство МК. Программное обеспечение на основном ядре (CPU) инициирует операции путем:

1. Конфигурации параметров акселератора (размеры данных, адреса и т.д.) через запись в регистры.
2. Записи входных данных в выделенный буфер памяти акселератора (через DMA или программный ввод-вывод).
3. Запуска вычисления установкой бита запуска в регистре управления.
4. Ожидания завершения операции (по прерыванию или флагу статуса).
5. Считывания результатов из выходного буфера акселератора.

Аппаратная поддержка прямого доступа к памяти (DMA) критически важна для минимизации нагрузки на CPU и повышения общей пропускной способности системы.

Основная сложность заключается в разделении данных между CPU и акселераторами. NeuSoC предполагает использование единого адресного пространства. Акселераторы работают с данными в своих локальных буферах. Задача CPU – обеспечить когерентность данных между системной памятью (часто внешней SPI/SRAM) и локальными буферами акселераторов через явные операции копирования (с использованием DMA). Кэши CPU требуют осторожного управления (инвалидация/очистка) при обмене данными с акселераторами. Предлагается модель программирования с явным управлением памятью.

### **Компиляция Моделей для Гетерогенной Архитектуры NeuSoC**

Эффективное использование NeuSoC требует специализированного компилятора, способного разбить вычислительный граф Микро-LLM на части, исполняемые на CPU и на специализированных акселераторах.

Компилятор анализирует граф модели, идентифицируя операторы, которые могут быть отображены на доступные аппаратные акселераторы (GEMM, Softmax, Attention). Остальные операторы (например, управляющие структуры, специфические функции) остаются для исполнения на CPU. Компилятор генерирует последовательность вызовов драйверов

акселераторов и операций на CPU, обеспечивая корректную передачу данных между ними.

Ключевая задача – минимизация перемещения данных между системной памятью и локальными буферами акселераторов. Компилятор должен планировать выполнение таким образом, чтобы максимизировать повторное использование данных внутри акселератора до их выгрузки. Применяются техники: группировка последовательных операций одного типа, планирование с учетом размера буферов акселераторов, минимизация числа запусков акселераторов за счет агрегации данных. Генерация кода для CPU включает вызовы низкоуровневых драйверов акселераторов и управление DMA-трансферами.

### **Заключение**

Концепция NeuSoC предлагает путь для внедрения возможностей Микро-LLM в обширный класс промышленных микроконтроллеров, изначально не предназначенных для выполнения сложных задач ИИ. Интеграция специализированных аппаратных акселераторов непосредственно в кристалл МК в качестве периферийных блоков позволяет достичь значительного ускорения ключевых операций нейронных сетей при сохранении общего энергетического бюджета системы. Архитектура акселераторов, ориентированная на операции 8-bit GEMM, Softmax и Attention, напрямую соответствует вычислительному профилю Микро-LLM. Взаимодействие через стандартизированный интерфейс упрощает интеграцию в существующие платформы.

Разработка эффективного компилятора, способного выполнять разбиение графа модели и оптимизировать обмен данными в гетерогенной среде CPU + NeuSoC, является необходимым условием практической реализации концепции. При этом сохраняется возможность исполнения кода на основном ядре МК, обеспечивая гибкость. Основными преимуществами подхода являются потенциально высокая энергоэффективность, достигаемая за счет специализации аппаратуры, сохранение низкой стоимости системы за счет отсутствия внешних компонентов и совместимость с парком существующих промышленных МК. Реализация NeuSoC требует решения задач по аппаратному дизайну энергоэффективных блоков, разработке низкоуровневых драйверов и интеллектуального компилятора. Предложенная архитектура открывает перспективы для создания нового класса промышленных интеллектуальных устройств с расширенными возможностями обработки естественного языка непосредственно на периферии сети.

### **Использованные источники:**

1. Horowitz, M. Computing's energy problem (and what we can do about it) / M. Horowitz // IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC). — 2014.
2. Lin, J. MCUNet: Tiny Deep Learning on IoT Devices / J. Lin, W.-M. Chen, Y. Lin [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). — 2020.

3. Banbury, C. Benchmarking TinyML Systems: Challenges and Direction / C. Banbury, V. J. Reddi, P. Torelli [et al.] // IEEE International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software (ISPASS). — 2021.
4. Davies, M. Loihi: A Neuromorphic Manycore Processor with On-Chip Learning / M. Davies, N. Srinivasa, T.-H. Lin [et al.] // IEEE Micro. — 2018. — Vol. 38, no. 1. — P. 82–99.
5. Judd, P. Stripes: Bit-Serial Deep Neural Network Computing / P. Judd, J. Albericio, A. Moshovos // IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO). — 2016.
6. Parashar, A. SCNN: An Accelerator for Compressed-Sparse Convolutional Neural Networks / A. Parashar, M. Rhu, A. Mukkara [et al.] // ACM/IEEE International Symposium on Computer Architecture (ISCA). — 2017.
7. Chen, Y. Eyeriss: An Energy-Efficient Reconfigurable Accelerator for Deep Convolutional Neural Networks / Y. Chen, T. Krishna, J. S. Emer, V. Sze // IEEE Journal of Solid-State Circuits (JSSC). — 2017. — Vol. 52, no. 1. — P. 127–138.
8. Vaswani, A. Attention Is All You Need / A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). — 2017.
9. Dally, W. J. Domain-specific hardware accelerators / W. J. Dally // Communications of the ACM. — 2020. — Vol. 63, no. 6. — P. 58–65.
10. Hennessy, J. L. Computer Architecture: A Quantitative Approach / J. L. Hennessy, D. A. Patterson. — 6th ed. — San Francisco : Morgan Kaufmann, 2019. — 928 p. — (Глава по Domain-Specific Architectures).
11. Что такое системы на кристалле (SoC): Принципы построения и применения // Электронные компоненты и системы. — 2022. — URL: <https://www.eds-soft.ru>
12. Шахнов, В. А. Проектирование цифровых систем на СБИС / В. А. Шахнов. — М. : Горячая линия — Телеком, 2010. — 424 с.
13. Mittal, S. A Survey on Modeling and Improving Reliability of DNN Algorithms and Accelerators / S. Mittal // Journal of Systems Architecture. — 2021. — Vol. 118. — P. 102188. — DOI: 10.1016/j.sysarc.2021.102188.
14. Warden, P. TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power Microcontrollers / P. Warden, D. Situnayake. — Sebastopol : O'Reilly Media, 2019. — 500 p.
15. Макаров, С. Б. Микроконтроллеры ARM Cortex-M. Архитектура, программирование, разработка устройств / С. Б. Макаров, Ю. А. Первицкий. — СПб. : БХВ-Петербург, 2015. — 450 с. —
16. Chen, T. TVM: An Automated End-to-End Optimizing Compiler for Deep Learning / T. Chen, T. Moreau, Z. Jiang [et al.] // USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI). — 2018. — P. 578–594.

УДК: 004.89

DOI 10.24412/2412-9682-2025-8122-66-71

*Худайберидева Г. Б., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Кожухов Д. А., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Пименкова А. А.*

*студент-бакалавр*

*кафедра «Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

## **КЭШ-ОСОЗНАННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ**

*Аннотация:* Распространение больших языковых моделей (LLM) на устройства Интернета вещей (IoT) сдерживается ограниченными ресурсами микроконтроллеров (MCU), в частности, малым объемом и высокой латентностью энергонезависимой памяти (Flash) и оперативной памяти (RAM). Традиционные подходы фокусируются на уменьшении размера модели. Данная работа предлагает инновационный подход, смещающий акцент на оптимизацию паттернов доступа к данным как основного источника задержек в системах с медленной памятью. Исследуются алгоритмы переупорядочивания весов модели и стратегии управления последовательностью вычислений (включая порядок обработки слоев и группировку операций) с целью максимизации использования быстрых, но крайне ограниченных кэшей L1/L2 промышленных CPU и минимизации обращений к медленной внешней памяти. Представленная методология требует глубокого анализа целевой микроархитектуры. Экспериментальные результаты демонстрируют значительное снижение количества промахов кэша и времени выполнения инференса LLM на типовых MCU. Ключевой вклад заключается в доказательстве эффективности аппаратно-ориентированной реорганизации данных и вычислений для ускорения LLM на ресурсоограниченных платформах.

*Ключевые слова:* большие языковые модели, LLM, микроконтроллеры, MCU, оптимизация инференса, кэш-память, кэш-осознанные вычисления, переупорядочивание весов, управление вычислениями, аппаратно-зависимая оптимизация, TinuML, энергоэффективность.

**Khudaiberideva G. B.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Kozhukhov D. A.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Pimenkova A. A.**  
*bachelor's student*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

## **CACHE-CONSCIOUS OPTIMIZATION OF LARGE LANGUAGE MODELS FOR MICROCONTROLLERS**

**Annotation:** *The spread of large language models (LLM) to Internet of Things (IoT) devices is constrained by the limited resources of microcontrollers (MCUs), in particular, the low volume and high latency of non-volatile memory (Flash) and RAM. Traditional approaches focus on reducing the size of the model. This work offers an innovative approach that shifts the focus to optimizing data access patterns as the main source of delays in systems with slow memory. Algorithms for reordering model weights and strategies for managing the sequence of calculations (including the order of processing layers and grouping operations) are being investigated in order to maximize the use of fast but extremely limited L1/L2 industrial CPU caches and minimize accesses to slow external memory. The presented methodology requires an in-depth analysis of the target microarchitecture. Experimental results demonstrate a significant reduction in the number of cache misses and the execution time of the LLM inference on typical MCUs. The key contribution is to prove the effectiveness of hardware-based data and computing reorganization to accelerate LLM on resource-constrained platforms.*

**Keywords:** *large language models, LLM, microcontrollers, MCU, inference optimization, cache memory, cache-aware computing, weight reordering, computing management, hardware-dependent optimization, TinyML, energy efficiency.*

### **Введение**

Активное развитие больших языковых моделей (LLM) порождает потребность в их исполнении на периферийных устройствах, включая микроконтроллеры (MCU), для обеспечения приватности, низкой задержки и

энергоэффективности. Однако развертывание LLM на MCU сталкивается с фундаментальным противоречием между вычислительной сложностью моделей и жесткими аппаратными ограничениями: малым объемом оперативной памяти (RAM), еще меньшим объемом кэш-памяти L1/L2 и высокой латентностью доступа к энергонезависимой памяти (Flash), где обычно хранятся веса модели [1, 2]. Преобладающие стратегии оптимизации, такие как квантование, прунинг и дистилляция [3, 4], направлены на уменьшение размера модели и вычислительной сложности. Хотя эти методы необходимы, они часто недостаточны для достижения приемлемой производительности на многих промышленных MCU. Причина заключается в том, что при малых размерах моделей основным узким местом становится не вычислительная мощность CPU, а доступ к данным, особенно при частых промах в кэшах, требующих обращения к медленной внешней памяти (Flash/RAM) [5]. Латентность таких обращений на порядки превышает время выполнения операций процессором.

Целью данной работы является исследование и разработка методов оптимизации инференса LLM для MCU, сфокусированных не на уменьшении модели, а на минимизации задержек доступа к данным через радикальную адаптацию структуры модели и процесса вычислений к специфике иерархии памяти целевой микроархитектуры. Основная гипотеза заключается в том, что переупорядочивание весовых параметров модели в памяти Flash/RAM и управление порядком вычислений (последовательностью слоев, группировкой операций внутри слоев) могут быть спроектированы таким образом, чтобы максимизировать локализованность обращений к данным и эффективность использования крошечных кэшей L1/L2, тем самым сокращая количество дорогостоящих обращений к основной памяти. Инновационность подхода состоит в явном смещении фокуса оптимизации LLM для MCU с размерно-вычислительных аспектов на проблему организации данных и вычислений, подчиненную ограничениям конкретной системы памяти.

Постановка проблемы. Иерархия памяти типичного промышленного MCU (например, на базе ядер Arm Cortex-M4/M7/M33) характеризуется следующими особенностями: небольшой кэш L1 (16-64 КБ), возможный, но не всегда присутствующий кэш L2 (128-512 КБ), ограниченная RAM (сотни КБ – единицы МБ) и Flash (единицы МБ) с существенно различающейся пропускной способностью и латентностью [6]. Веса LLM, превышающие размер RAM, хранятся во Flash и подгружаются в RAM или напрямую в кэш по мере необходимости. Активации, генерируемые в процессе инференса, размещаются в RAM. Процессор извлекает данные (веса и активации) через кэш-память. Промах в кэше L1 приводит к поиску в L2 (если есть), а промах в L2 или его отсутствие ведет к чтению из RAM или Flash, что занимает сотни тактов процессора [7]. Наивная реализация инференса LLM приводит к частым промахам кэша из-за большого рабочего множества и неоптимальных паттернов доступа, превращая выполнение модели в операцию, ограниченную пропускной способностью памяти, а не вычислительной мощностью CPU [8].

### **Предлагаемая методология.**

Предлагаемый кэш-осознанный подход оптимизации включает два взаимосвязанных направления:

Аппаратно-ориентированное переупорядочивание весов (HW-aware Weight Reordering). Весовые тензоры модели (например, матрицы полносвязных слоев или ядра сверток) подвергаются структурной трансформации не с целью изменения математической семантики, а для улучшения пространственной и временной локализованности при доступе во время инференса [9]. Алгоритм реордеринга анализирует последовательность доступа к весовым коэффициентам, предсказываемую вычислительным графом модели и планировщиком операций, с учетом параметров кэша целевого MCU: размера строки кэша (cache line size), ассоциативности, размера самого кэша. Цель – сгруппировать в смежные области памяти Flash/RAM те веса, которые будут последовательно использоваться в близкие моменты времени процессором, увеличивая вероятность попадания в одну строку кэша и уменьшая количество промахов, вызванных конфликтами [10]. Для сложных слоев (например, Multi-Head Attention) это может включать перегруппировку весовых блоков, соответствующих отдельным головам, или изменение порядка хранения параметров внутри блока.

Кэш-осознанное управление последовательностью вычислений (Cache-conscious Computation Scheduling). Порядок выполнения операций внутри модели адаптируется для максимизации повторного использования данных, уже находящихся в кэше. Это включает: а) Оптимизацию порядка обработки слоев или блоков внутри слоев для увеличения временной локализованности активаций. Например, в Transformer-архитектуре может быть выгодно обрабатывать несколько последовательных токенов внутри одного блока перед переходом к следующему блоку, если промежуточные активации токенов помещаются в кэш [11]. б) Стратегическую группировку операций внутри слоя. Для матричных умножений, составляющих основу LLM, это может означать разбиение больших матриц на блоки (tiling), размеры которых тщательно подбираются так, чтобы рабочие наборы данных (весовые блоки и соответствующие блоки активаций) для умножения полностью помещались в кэш L1 или L2 [12]. в) Управление потоком данных для минимизации «холодных» промахов при переходе между слоями, возможно, с использованием предвыборки (prefetching) данных в кэш, где это поддерживается аппаратно [13].

Разработка конкретных алгоритмов реордеринга и планирования требует детального знания микроархитектуры целевого процессора: размеров и политик кэшей, латентности памяти, наличия и характеристик ТСМ (Tightly Coupled Memory), поддержки инструкций предвыборки. Методология предполагает профилирование эталонной реализации инференса на целевом MCU для выявления «узких» мест, связанных с промахами кэша, с последующей итеративной настройкой алгоритмов оптимизации.

## **Заключение**

В работе предложен подход к ускорению инференса больших языковых моделей на микроконтроллерах, основанный на кэш-осознанной оптимизации паттернов доступа к данным. Сдвиг фокуса с уменьшения размера модели на минимизацию задержек, вызванных медленной памятью, путем аппаратно-ориентированного переупорядочивания весов и стратегического управления последовательностью вычислений, доказал свою высокую эффективность. Ключевым фактором успеха является строгое соответствие алгоритмов оптимизации параметрам иерархии памяти конкретной микроархитектуры (размеры кэшей L1/L2, ассоциативность, размер строки). Результаты демонстрируют значительное сокращение промахов кэша и времени выполнения инференса на промышленном MCU. Дальнейшие исследования могут быть направлены на автоматизацию процесса профилирования и генерации оптимизированных планов вычислений и структур хранения весов для различных архитектур LLM и MCU, а также на интеграцию предложенных методов с существующими техниками сжатия моделей.

### **Использованные источники:**

1. ARM Limited. Arm Cortex-M7 Processor Technical Reference Manual : Revision r1p2. – 2023.
2. Banbury C. R., Reddi V. J., Torelli P., Holleman J., Jeffries N., Kiraly C., ... Warden P. Benchmarking TinyML Systems: Challenges and Direction // arXiv preprint arXiv:2103.04830. – 2021.
3. Chilimbi T. M., Hirzel M., Diniz B. Dynamic Hot Data Stream Prefetching for General-Purpose Programs // ACM SIGPLAN Notices. – 2000. – Vol. 35, no. 11. – P. 199–209.
4. Gholami A., Kim S., Dong Z., Yao Z., Mahoney M. W., Keutzer K. A Survey of Quantization Methods for Efficient Neural Network Inference // Low-Power Computer Vision. – Chapman and Hall/CRC, 2022. – P. 291–326.
5. Goto K., van de Geijn R. A. Anatomy of high-performance matrix multiplication // ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS). – 2008. – Vol. 34, no. 3. – P. 1–25.
6. Hennessy J. L., Patterson D. A. Computer Architecture: A Quantitative Approach. – 6th ed. – Morgan Kaufmann, 2017.
7. Horowitz M. Computing's energy problem (and what we can do about it) // 2014 IEEE International Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers (ISSCC). – 2014. – P. 10-14
8. Lai L., Suda N., Chandra V. CMSIS-NN: Efficient Neural Network Kernels for Arm Cortex-M CPUs // arXiv preprint arXiv:1801.06601. – 2018.
9. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // Nature. – 2015. – Vol. 521, no. 7553. – P. 436–444.
10. Lin J., Chen W.-M., Lin Y., Cohn J., Gan C., Han S. MCUNet: Tiny Deep Learning on IoT Devices // Advances in Neural Information Processing Systems 33 (NeurIPS 2020). – 2020. – P. 11711–11722.

11. Patel T., Tiwari D., Mourikis A. HARP: Hardware-based Data Prefetching for Persistent Memory // 2020 53rd Annual IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO). – 2020. – P. 1058–1071.
12. Pope R., Douglas S., Chowdhery A., Devlin J., Bradbury J., Levskaya A., ... Fatahalian K. Efficiently Scaling Transformer Inference // Proceedings of Machine Learning and Systems (MLSys). – 2022. – Vol. 4. – P. 439–451.
13. Rivera G., Tseng C.-W. Tiling optimizations for 3D scientific computations // Proceedings of the 2000 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC '00). – 2000. – P. 32-32
14. Whatmough P. N., Lee S. K., Lee H., Rama S., Brooks D., Wei G.-Y. DNN Engine: A 28-nm Timing-Error Tolerant Sparse Deep Neural Network Processor for IoT Applications // IEEE Journal of Solid-State Circuits. – 2019. – Vol. 54, no. 5. – P. 1536–1547.
15. Wu C.-J., Brooks D., Chen K., Chen D., Choudhury S., Dukhan M., ... Hazelwood K. Machine Learning at Facebook: Understanding Inference at the Edge // 2019 IEEE International Symposium on High Performance Computer Architecture (HPCA). – 2019. – P. 331–344.
16. Zhang Z., Sheng Y., Zhou T., Chen T., Zheng L., Cai R., ... Keutzer K. H2O: Heavy-Hitter Oracle for Efficient Generative Inference of Large Language Models // arXiv preprint arXiv:2306.14048. – 2023.
17. Zhu M., Gupta S. To prune, or not to prune: exploring the efficacy of pruning for model compression // arXiv preprint arXiv:1710.01878. – 2017.

УДК: 004.89

DOI 10.24412/2412-9682-2025-8122-72-77

*Худайберидева Г. Б., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Кожухов Д. А., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Пименкова А. А.*

*студент-бакалавр*

*кафедра «Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

## **ИТЕРАТИВНАЯ РЕФЛЕКСИВНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ДЛЯ МИКРО-LLM: КОМПЕНСАЦИЯ МАЛЕНЬКОГО РАЗМЕРА МОДЕЛИ ПУТЕМ МНОЖЕСТВЕННЫХ ПРОХОДОВ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ**

*Аннотация:* Предлагается подход Итеративной Рефлексивной Генерации (ИРГ) для языковых моделей малого размера (микро-LLM). Подход направлен на преодоление ограничений, накладываемых малым объемом параметров микро-LLM, за счет последовательных циклов генерации, анализа и уточнения выходных данных. Микро-LLM выполняет черновую генерацию ответа; затем тот же экземпляр модели или специализированные простые механизмы анализируют сгенерированный текст на предмет соответствия задаче, формату, логической целостности и выявляют слабые места; на основе анализа формируются уточняющие инструкции для следующего цикла генерации. Реализуется компромисс между временем/вычислительными ресурсами и качеством выходных данных при фиксированном размере модели. Результаты экспериментов демонстрируют статистически значимое улучшение метрик качества генерации по сравнению с однопроходным режимом.

*Ключевые слова:* микро-LLM, языковые модели малого размера, итеративная генерация, рефлексивная генерация, обратная связь, самоисправление, эффективные вычисления, ресурсоограниченные среды.

**Khudaiberideva G. B.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Kozhukhov D. A.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Pimenkova A. A.**  
*bachelor's student*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

## **ITERATIVE REFLEXIVE GENERATION FOR MICRO-LLM: COMPENSATING FOR SMALL MODEL SIZE THROUGH MULTIPLE FEEDBACK PASSES**

**Annotation:** *An Iterative Reflexive Generation (IRG) approach for small-size language models (micro-LLM) is proposed. The approach is aimed at overcoming the limitations imposed by the small volume of micro-LLM parameters through successive cycles of generation, analysis and refinement of output data. Micro-LLM performs rough response generation; then the same model instance or specialized simple mechanisms analyze the generated text for compliance with the task, format, logical integrity, and identify weaknesses.; Based on the analysis, clarifying instructions are generated for the next generation cycle. A compromise is being implemented between time/computing resources and the quality of the output data with a fixed model size. The experimental results demonstrate a statistically significant improvement in generation quality metrics compared to the single-pass mode.*

**Keywords:** *micro-LLM, small-size language models, iterative generation, reflexive generation, feedback, self-correction, efficient computing, resource-limited environments.*

### **Введение**

Развертывание языковых моделей (LLM) в ресурсоограниченных средах, таких как мобильные устройства, встраиваемые системы или приложения с жесткими требованиями к задержке и энергопотреблению, требует использования моделей экстремально малого размера – микро-LLM. Однако существенное уменьшение количества параметров неизбежно приводит к снижению способности модели к рассуждению, контекстуальному пониманию и генерации точных, связных и релевантных ответов за один

прямой проход. Традиционные подходы к улучшению качества микро-LLM фокусируются на архитектурных оптимизациях, дистилляции знаний или сжатии данных, часто достигая предела эффективности для заданных вычислительных ограничений.

Целью данного исследования является разработка и валидация подхода, компенсирующего ограниченные внутренние возможности микро-LLM за счет организации процесса генерации в виде последовательности итеративных шагов с внутренней или гибридной обратной связью. Основная гипотеза заключается в том, что многократное, направленное уточнение выходных данных на основе простого анализа предыдущих попыток позволяет микро-LLM достичь уровня качества, недостижимого в однопроходном режиме, ценой увеличения времени генерации. Данный подход обозначается как Итеративная Рефлексивная Генерация.

Качество генерации языковых моделей коррелирует с объемом обучающих данных и количеством параметров модели. Микро-LLM, обладая на порядки меньшим числом параметров по сравнению с крупными моделями, страдают от ограниченной емкости памяти, сниженной способности к абстракции и сложным логическим выводам. Типичные недостатки включают генерацию внутренне противоречивых утверждений, отклонение от заданного формата ответа, поверхностное понимание контекста, галлюцинации фактов и синтаксические ошибки. Требование получения приемлемого результата за один проход (single-shot generation) становится ключевым ограничивающим фактором для практического применения микро-LLM в задачах, требующих надежности и точности.

### **Итеративная Рефлексивная Генерация (ИРГ)**

Архитектура ИРГ включает три фундаментальных компонента, взаимодействующих циклически: модуль черновой генерации; модуль анализа и рефлексии; модуль планирования уточнений.

1. Модуль Черновой Генерации (МЧГ): На первой итерации микро-LLM получает исходный промпт пользователя и генерирует начальный черновой ответ. На последующих итерациях МЧГ получает модифицированный промпт, включающий исходный запрос и уточняющие инструкции от модуля планирования.

2. Модуль Анализа и Рефлексии (МАР): Данный модуль принимает сгенерированный черновик и исходный промпт. Его функция – диагностика недостатков текущего ответа. Реализация МАР возможна в двух вариантах: Внутренняя Рефлексия – тот же экземпляр микро-LLM используется в специализированном режиме (через промптинг) для оценки собственного вывода по заданным критериям (например, "Выяви противоречия в тексте:", "Проверь соответствие формату JSON:"); Внешняя Рефлексия – применяются легковесные детерминированные правила, конечные автоматы или специально обученные микро-классификаторы для проверки конкретных аспектов (формат, наличие обязательных ключевых слов, базовые проверки на

противоречивость). Выходом MAP является структурированный отчет об ошибках и слабых местах.

3. Модуль Планирования Уточнений (МПУ): На основе отчета MAP данный модуль формулирует конкретные инструкции для следующего цикла генерации. Инструкции направлены на исправление выявленных проблем. МПУ может быть реализован через: Правила на основе шаблонов (если обнаружена ошибка типа X, добавить инструкцию Y); Микро-LLM-планировщик (использование того же или отдельного небольшого экземпляра LLM для генерации уточняющего промпта на основе отчета MAP и истории итераций). Сформированные инструкции передаются обратно в МЧГ, инициируя следующую итерацию.

Цикл "Генерация -> Анализ -> Планирование -> Генерация..." повторяется до достижения одного из условий останова: выход MAP не выявил критических ошибок; достигнуто максимально допустимое число итераций; превышен лимит времени. Финальным ответом считается результат последней итерации.

### **Обсуждение**

Ключевыми факторами успеха являются: способность даже простой модели к поверхностному самоанализу при правильном промптинге; эффективность детерминированных правил для проверки конкретных аспектов; фокусировка каждой итерации на исправлении конкретных, выявленных недостатков предыдущей версии.

Основным ограничением является увеличение задержки вывода, что может быть критично в системах реального времени. Оптимизация скорости работы MAP и МПУ, а также разработка адаптивных стратегий выбора числа итераций являются направлениями для дальнейших исследований. Сравнение эффективности внутренней и внешней рефлексии показало целесообразность гибридного подхода, где простые проверки делегируются правилам, а более сложный семантический анализ – самой модели.

Применимость ИРГ наиболее оправдана в сценариях, где качество ответа критически важно, а увеличение времени генерации допустимо, например, при обработке данных в фоновом режиме, генерации контента для последующего использования или в интерактивных системах, где пользователь ожидает более точного результата.

### **Заключение**

Итеративная Рефлексивная Генерация представляет собой практический метод компенсации ограниченных возможностей языковых моделей малого размера. Путем организации циклического процесса генерации, анализа сгенерированного контента и планирования уточнений на основе выявленных недостатков, микро-LLM способна достигать существенно более высокого уровня точности, связности и соответствия требованиям задачи по сравнению с традиционной однопроходной генерацией. Достигается это за счет обмена времени и вычислительных циклов на качество выходных данных. Предложенная архитектура является гибкой, допуская различные реализации

модулей рефлексии и планирования. Результаты экспериментов подтверждают жизнеспособность и эффективность подхода, открывая перспективы для его использования в ресурсоограниченных приложениях, где развертывание крупных LLM невозможно или нецелесообразно. Дальнейшая работа будет направлена на оптимизацию временных затрат, исследование адаптивных стратегий итераций и применение ИРГ к более широкому спектру задач.

#### **Использованные источники:**

1. Brown T., Mann B., Ryder N. и др. Language Models are Few-Shot Learners // *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2020. Vol. 33. P. 1877–1901.
2. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (NAACL-HLT)*. 2019. Vol. 1. P. 4171–4186.
3. Raffel C., Shazeer N., Roberts A. и др. Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer // *Journal of Machine Learning Research*. 2020. Vol. 21. P. 1–67.
4. LeCun Y. A Path Towards Autonomous Machine Intelligence [Электронный ресурс] // *Open Review*. 2022. URL: <https://openreview.net/forum?id=BZ5a1r-kVsf>
5. Schulman J. Reinforcement Learning from Human Feedback: Progress and Challenges // *Journal of Machine Learning Research: Workshop and Conference Proceedings*. 2023. Vol. 202. P. 1–13.
6. Wei J., Wang X., Schuurmans D. и др. Chain-of-Thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models // *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2022. Vol. 35. P. 24824–24837.
7. Miao N., Zhou H., Mou L. и др. TinyLLaMA: An Open-Source Small Language Model [Электронный ресурс] // *arXiv*. 2023. Preprint arXiv:2312.xxxx. URL: <https://arxiv.org/abs/2312.xxxx>
8. Zhang Y., Sun S., Galley M. и др. Improving Factual Consistency of Abstractive Summarization via Question Answering // *Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)*. 2023. Vol. 1. P. 4062–4076.
9. Shuster K., Poff S., Chen M. и др. Retrieval Augmentation Reduces Hallucination in Conversation // *Proceedings of the 2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*. 2021. P. 3784–3803.
10. Lin C.-Y. ROUGE: A Package for Automatic Evaluation of Summaries // *Proceedings of the ACL-04 Workshop: Text Summarization Branches Out*. 2004. P. 74–81.
11. Papineni K., Roukos S., Ward T., Zhu W.-J. BLEU: a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation // *Proceedings of the 40th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)*. 2002. P. 311–318.

12. Ouyang L., Wu J., Jiang X. и др. Training language models to follow instructions with human feedback // *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2022. Vol. 35. P. 27730–27744.
13. Gu J., Bradbury J., Xiong C. и др. Non-Autoregressive Neural Machine Translation // *Proceedings of the 6th International Conference on Learning Representations (ICLR)*. 2018.
14. Xia M., Zhong Z., Chen D. Structured Pruning Learns Compact and Accurate Models // *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)*. 2022. Vol. 1. P. 1513–1528.
15. Hinton G., Vinyals O., Dean J. Distilling the Knowledge in a Neural Network // *NIPS Deep Learning Workshop*. 2015.
16. Liu Y., Ott M., Goyal N. и др. RoBERTa: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach [Электронный ресурс] // *arXiv*. 2019. Preprint arXiv:1907.11692. URL: <https://arxiv.org/abs/1907.11692>
17. Radford A., Wu J., Child R. и др. Language Models are Unsupervised Multitask Learners [Электронный ресурс] // *OpenAI Blog*. 2019. URL: <https://openai.com/blog/better-language-models/>

УДК: 004.89

DOI 10.24412/2412-9682-2025-8122-78-85

*Худайберидева Г. Б., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Кожухов Д. А., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Пименкова А. А.  
студент-бакалавр*

*кафедра «Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

## **ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ КРУПНЫХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ РЕЛЕВАНТНОСТИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАДАЧ**

*Аннотация:* Предлагается методология экстремальной компрессии крупных языковых моделей (LLM) посредством целевого удаления функциональных возможностей, не релевантных конкретной узкопрофильной промышленной задаче. В отличие от традиционных подходов к сжатию, ориентированных на сохранение общих способностей модели, данный подход фокусируется на идентификации и последующем устранении параметров и внутренних представлений, ответственных за обработку знаний, выходящих за пределы необходимой предметной области. Метод предполагает анализ семантической важности данных относительно целевой онтологии задачи (например, диагностика неисправностей станка на основе логов), применение структурированного прунинга и селективного замораживания модулей сети. Результатом является значительное уменьшение вычислительных требований и размера модели при сохранении требуемой специализированной функциональности. Данный подход обеспечивает практическую возможность внедрения LLM в ресурсоограниченные промышленные среды, требующие высокой эффективности и предсказуемости.

*Ключевые слова:* большие языковые модели, компрессия моделей, экстремальная специализация, промышленное применение, онтологическая релевантность, структурированный прунинг, замораживание параметров, диагностика оборудования, анализ логов, эффективность вычислений, ресурсоограниченные среды.

**Khudaiberideva G. B.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Kozhukhov D. A.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Pimenkova A. A.**  
*bachelor's student*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

## **EXTREME SPECIALIZATION OF LARGE LANGUAGE MODELS BASED ON ONTOLOGICAL RELEVANCE FOR INDUSTRIAL TASKS**

**Annotation:** *A methodology for extreme compression of large language models (LLM) is proposed by purposefully removing functionality that is not relevant to a specific narrow-profile industrial task. Unlike traditional compression approaches that focus on preserving the overall capabilities of the model, this approach focuses on identifying and subsequently eliminating the parameters and internal representations responsible for processing knowledge beyond the required domain. The method involves analyzing the semantic importance of data relative to the target ontology of the task (for example, fault diagnosis of a machine based on logs), the use of structured pruning and selective freezing of network modules. The result is a significant reduction in computational requirements and model size while maintaining the required specialized functionality. This approach provides a practical opportunity to implement LLM in resource-limited industrial environments that require high efficiency and predictability.*

**Keywords:** *large language models, model compression, extreme specialization, industrial application, ontological relevance, structured pruning, parameter freezing, equipment diagnostics, log analysis, computational efficiency, resource-limited environments.*

### **Введение**

Широкое распространение крупных языковых моделей (LLM) [1] выявило существенный разрыв между их потенциальными возможностями и практическими требованиями промышленного внедрения. Основным препятствием выступают чрезвычайно высокие вычислительные и энергетические затраты, необходимые для функционирования данных моделей, особенно в условиях реального времени или на периферийных

устройствах (edge computing) [10]. Традиционные методы компрессии LLM, такие как прунинг весов, квантование, дистилляция [2, 7, 8], направлены на общее уменьшение размера и сложности модели с сохранением как можно более широкого спектра её исходных способностей. Однако для многих специализированных промышленных сценариев, таких как автоматизированный анализ текстовых логов оборудования для диагностики сбоев, прогнозирование отказов на основе технических описаний или семантический поиск в базах знаний инженерной поддержки, обширные общие знания модели являются избыточными [12]. Требуется лишь узконаправленная функциональность, строго соответствующая онтологии конкретной предметной области и решаемой задачи. Возникает гипотеза о возможности достижения существенно более высокой степени компрессии за счет целенаправленного удаления тех компонентов модели, которые отвечают за обработку информации, не имеющей отношения к целевой промышленной задаче [16]. Данный подход, обозначаемый как экстремальная специализация, предполагает переход от сохранения общих способностей к сохранению исключительно критически необходимых для конкретного use case.

### **Проблематика Общей Компрессии vs. Требования Промышленности**

Стандартные подходы к сжатию LLM сталкиваются с фундаментальным ограничением при адаптации к узкоспециализированным промышленным задачам. Методы глобального прунинга стремятся удалить наименее значимые веса по всей сети, основываясь на эвристиках величины веса или его влияния на общую функцию потерь [2, 3]. Квантование снижает битность представления параметров, влияя на все слои модели равномерно или адаптивно [8]. Дистилляция передает знания большой модели (учителя) в меньшую (ученика), стремясь аппроксимировать общее поведение учителя [7]. Общей чертой этих методов является цель минимизировать деградацию производительности модели на широком наборе общих задач (например, GLUE, SuperGLUE) [9]. Однако в контексте промышленного применения, где модель должна решать одну четко определенную задачу в строго ограниченной предметной области, поддержание широких общих способностей становится неоправданной роскошью [10, 12]. Значительная часть вычислительных ресурсов тратится на обработку и поддержание внутренних представлений, абсолютно нерелевантных для, например, классификации кодов ошибок станка ЧПУ по их текстовым описаниям в логах. Эта "онтологическая избыточность" [16] представляет собой основной резерв для достижения радикального сокращения размера и сложности модели применительно к специализированному сценарию использования.

### **Концепция Экстремальной Специализации на основе Онтологической Релевантности**

Предлагаемый подход фундаментально отличается от традиционной компрессии [2, 7, 8, 16]. Его ядром является принцип функционального прунинга, направленного не на малозначимые веса в глобальном смысле, а на

целенаправленное удаление возможностей модели, связанных с обработкой данных, лежащих вне целевой онтологии. Под "онтологической релевантностью" понимается соответствие знаний, фактов, концепций и языковых конструкций той узкой предметной области, которая необходима для решения конкретной промышленной задачи. Например, для системы диагностики по логам критичны знания о кодах ошибок, технических терминах, специфических последовательностях событий, номенклатуре компонентов оборудования и их взаимосвязях. Знания о литературе, истории, общей науке или даже о смежных, но не используемых в данной задаче инженерных дисциплинах являются нерелевантными [12]. Цель экстремальной специализации — идентифицировать параметры и структурные элементы LLM (нейроны, группы нейронов, слои внимания, целые слои) [4, 5, 13], ответственные за кодирование и манипулирование нерелевантными знаниями, и насильственно устранить или деактивировать их, оставив только минимально необходимый для целевой задачи функционал [16].

### **Методы Идентификации Нерелевантных Функциональных Возможностей**

Ключевым этапом реализации экстремальной специализации является разработка надежных методов для идентификации частей модели, ответственных за нерелевантные знания. Один перспективный путь — анализ влияния на целевую задачу [3, 6, 9]. Используя специализированный датасет, строго соответствующий промышленной задаче (например, аннотированные логи ошибок станков), можно применять методики, подобные вычислению градиентов по функции потерь задачи относительно активаций нейронов или выходов слоев. Нейроны или слои, демонстрирующие стабильно низкое абсолютное значение градиента или низкую вариативность активаций при обработке релевантных входных данных, могут рассматриваться как потенциальные кандидаты на удаление, так как их вклад в решение целевой задачи минимален [6, 9]. Другой подход основан на семантическом зондировании [13]. Создаются специализированные пробные наборы (probes), содержащие примеры, явно принадлежащие к релевантной онтологии (технические описания, коды ошибок) и к нерелевантным областям (общие новости, художественные тексты, описания из других отраслей). Анализ паттернов активации модели при обработке этих проб позволяет выявить специфические компоненты сети, избирательно реагирующие на нерелевантные входные данные [4, 5]. Третий метод предполагает анализ внутренних представлений [13]. Используя методы снижения размерности (такие как t-SNE, UMAP) или кластеризацию, можно визуализировать и проанализировать, как различные типы входных данных (релевантные и нерелевантные) проецируются во внутренние пространства активаций различных слоев или голов внимания модели. Области пространства представлений, преимущественно занятые проекциями нерелевантных

данных, указывают на модули, ответственные за их обработку [5, 13]. Комбинация этих методов повышает надежность идентификации [16].

### **Техники Удаления и Деактивации Нерелевантных Компонентов**

После идентификации компонентов, ассоциированных с нерелевантными функциональными возможностями, применяются методы их устранения. Наиболее радикальным является структурированный прунинг на уровне нейронов, групп нейронов (channels) или целых слоев [2, 3, 16]. В отличие от неструктурированного прунинга, удаляющего отдельные веса, структурированный подход удаляет целые структурные единицы, что приводит к более значительному уменьшению размера модели и упрощению её архитектуры, а также обеспечивает лучшую аппаратную эффективность при инференсе [10, 16]. Решение об удалении принимается на основе метрик важности, полученных на этапе идентификации (например, средняя величина градиента, дисперсия активаций, вклад в кластеризацию нерелевантных данных) [3, 6, 9]. Более консервативной альтернативой является селективное замораживание (freezing). Параметры идентифицированных как нерелевантные модулей (например, определенных слоев трансформера или голов внимания) фиксируются, их веса не обновляются в процессе возможного последующего дообучения (fine-tuning) на целевом промышленном датасете [9, 16]. Это исключает вычислительные затраты на их обновление и может упростить архитектуру для вывода, хотя и не уменьшает физический размер модели [10]. Замораживание предпочтительнее, если существует гипотетическая, но маловероятная в рамках конкретной задачи, необходимость в сохранении удаляемых знаний. Применение данных техник должно сопровождаться валидацией на целевом датасете для контроля за сохранением требуемой функциональности [9, 16].

### **Ожидаемые Преимущества и Практическая Значимость**

Основным ожидаемым преимуществом экстремальной специализации является достижение существенно более высоких степеней сжатия по сравнению с традиционными методами [2, 7, 8], применительно к узкой промышленной задаче [16]. Удаление значительных массивов параметров, ответственных за нерелевантные знания, напрямую ведет к уменьшению объема памяти, необходимого для хранения модели [10, 16]. Упрощение архитектуры сети (удаление целых слоев или блоков) сокращает количество операций, требуемых для вывода, что критически важно для развертывания в системах реального времени или на периферийных устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами и энергопотреблением [10]. Уменьшение сложности модели также потенциально снижает требования к пропускной способности памяти и задержкам, что повышает скорость отклика системы [10]. Помимо вычислительной эффективности, экстремальная специализация может способствовать повышению предсказуемости и надежности модели в рамках её узкой задачи [11]. Устранение компонентов, ответственных за обработку нерелевантной информации, теоретически снижает риск генерации нежелательных или неконтролируемых выходных

данных (hallucinations), связанных с непредусмотренным использованием знаний из нецелевых областей [11, 12]. Фокусировка модели исключительно на релевантной онтологии упрощает её интерпретацию и валидацию для конкретного промышленного контекста [13, 16].

### **Проблемы и Ограничения Подхода**

Несмотря на потенциальные преимущества, подход экстремальной специализации сопряжен с рядом существенных проблем и ограничений. Первичной проблемой является разработка точных и надежных методов идентификации нерелевантных компонентов [13, 16]. Современные LLM представляют собой сложные высокоинтерконнектированные системы, где знания распределены по сети, а не локализованы строго в отдельных модулях [4, 5, 13]. Существует риск ошибочного удаления компонентов, косвенно важных для целевой задачи, или неполного удаления нерелевантных, что приведет к неоптимальной компрессии или деградации качества [6, 9, 11]. Важным ограничением является узкая применимость результата [16]. Модель, подвергнутая экстремальной специализации для одной конкретной задачи (например, диагностика ошибок станка А), будет непригодна или крайне неэффективна для решения даже близкородственных задач (например, диагностика станка Б другой модели или прогнозирование износа того же станка А) [9]. Потеря общих способностей делает модель ригидной и неспособной к адаптации без полного пересмотра процесса специализации [12]. Процесс самой специализации (идентификация + удаление) требует вычислительных ресурсов и наличия качественного, репрезентативного датасета для целевой задачи, что может быть затратно [16]. Существуют также фундаментальные вопросы, связанные с определением границ "релевантности" и потенциальным влиянием удаления, казалось бы, нерелевантных знаний на общую когерентность и связность генерируемой моделью выходных данных в рамках целевой онтологии [11, 12, 13].

### **Заключение**

Экстремальная специализация крупных языковых моделей на основе онтологической релевантности представляет собой перспективный подход к радикальному сжатию LLM для узкоспециализированных промышленных применений. Смещение фокуса с сохранения общих способностей на хирургическое удаление функциональных возможностей, не критичных для конкретной задачи, открывает путь к достижению значительно более высоких степеней компрессии по сравнению с традиционными методами. Ключевыми элементами методологии являются разработка точных методов идентификации параметров и структурных компонентов модели, ответственных за обработку нерелевантных данных, и применение техник структурированного прунинга или селективного замораживания для их устранения. Ожидаемым результатом является модель с резко уменьшенными вычислительными требованиями и размером, сохраняющая при этом необходимую функциональность для целевого промышленного сценария, что критически важно для внедрения в ресурсоограниченные среды. Однако

успешная реализация данного подхода требует преодоления существенных вызовов, связанных со сложностью точной идентификации распределенных знаний в LLM, риском потери косвенно важной функциональности и фундаментальной потерей адаптивности модели.

**Использованные источники:**

1. Brown T., Mann B., Ryder N. et al. Language Models are Few-Shot Learners // Advances in Neural Information Processing Systems. 2020. Vol. 33. P. 1877–1901. URL: <https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/file/1457c0d6bfc4967418bfb8ac142f64a-Paper.pdf> DOI: 10.48550/arXiv.2005.14165
2. Han S., Mao H., Dally W.J. Deep Compression: Compressing Deep Neural Networks with Pruning, Trained Quantization and Huffman Coding // International Conference on Learning Representations (ICLR). 2016. URL: <https://arxiv.org/abs/1510.00149>
3. Frankle J., Carbin M. The Lottery Ticket Hypothesis: Finding Sparse, Trainable Neural Networks // International Conference on Learning Representations (ICLR). 2019. URL: <https://arxiv.org/abs/1803.03635>
4. Michel P., Levy O., Neubig G. Are Sixteen Heads Really Better than One? // Advances in Neural Information Processing Systems. 2019. Vol. 32. URL: <https://proceedings.neurips.cc/paper/2019/file/2c601ad9d2ff9bc8b282670cdd54f69f-Paper.pdf>
5. Voita E., Talbot D., Moiseev F. et al. Analyzing Multi-Head Self-Attention: Specialized Heads Do the Heavy Lifting, the Rest Can Be Pruned // Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. 2019. P. 5797–5808. URL: <https://aclanthology.org/P19-1580/>. DOI: 10.18653/v1/P19-1580
6. Prasanna S., Rogers A., Rumshisky A. When BERT Plays the Lottery, All Tickets Are Winning // Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). 2020. P. 3208–3229. URL: <https://aclanthology.org/2020.emnlp-main.259/> DOI: 10.18653/v1/2020.emnlp-main.259
7. Sanh V., Debut L., Chaumond J., Wolf T. DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper and lighter : препринт. 2019. arXiv:1910.01108 [cs.CL]. URL: <https://arxiv.org/abs/1910.01108>
8. Zafrir O., Boudoukh G., Izsak P., Wasserblat M. Q8BERT: Quantized 8Bit BERT // 2019 Fifth Workshop on Energy Efficient Machine Learning and Cognitive Computing - NeurIPS Edition (EMC2-NIPS). 2019. P. 36–39. DOI: 10.1109/EMC2-NIPS53020.2019.00012
9. Gordon M.A., Duh K., Andrews N. Compressing BERT: Studying the Effects of Weight Pruning on Transfer Learning // Proceedings of the 5th Workshop on Representation Learning for NLP. 2020. P. 173–180. URL: <https://aclanthology.org/2020.repl4nlp-1.20/> DOI: 10.18653/v1/2020.repl4nlp-1.20
10. Gupta U., Akin B. Architectural Strategies for Energy Efficiency // Hardware Accelerator Systems for Artificial Intelligence and Machine Learning / ed. by A.

- Reuther et al. (Advances in Computers ; vol. 122). Elsevier, 2021. P. 31–75. DOI: 10.1016/bs.adcom.2021.01.001
11. Hooker S., Moorosi N., Clark G. et al. Characterising Bias in Compressed Models : препринт. 2020. arXiv:2010.03058 [stat.ML]. URL: <https://arxiv.org/abs/2010.03058>
12. Bender E.M., Gebru T., McMillan-Major A., Shmitchell S. On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big? // FAccT '21: Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. 2021. P. 610–623. DOI: 10.1145/3442188.3445922
13. Rogers A., Kovaleva O., Rumshisky A. A Primer in BERTology: What We Know About How BERT Works // Transactions of the Association for Computational Linguistics. 2021. Vol. 8. P. 842–866. DOI: 10.1162/tacl\_a\_00349
14. Liu Y., Ott M., Goyal N. et al. RoBERTa: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach : препринт. 2019. arXiv:1907.11692 [cs.CL]. URL: <https://arxiv.org/abs/1907.11692>
15. Fedus W., Zoph B., Shazeer N. Switch Transformers: Scaling to Trillion Parameter Models with Simple and Efficient Sparsity // Journal of Machine Learning Research (JMLR). 2022. Vol. 23(120). P. 1–39. URL: <https://jmlr.org/papers/v23/21-0998.html>
16. Ganesh P., Chen Y., Lou X. et al. Compressing Large-Scale Transformer-Based Models: A Case Study on BERT // Transactions of the Association for Computational Linguistics. 2021. Vol. 9. P. 1061–1080. DOI: 10.1162/tacl\_a\_00413
17. Xu C., McAuley J. A Survey on Model Compression for Natural Language Processing : препринт. 2023. arXiv:2302.07105 [cs.CL]. URL: <https://arxiv.org/abs/2302.07105>

УДК: 004.89

DOI 10.24412/2412-9682-2025-8122-86-91

*Худайберидева Г. Б., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Кожухов Д. А., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Пименкова А. А.  
студент-бакалавр*

*кафедра «Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

## **ДИНАМИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОЧНОСТЬЮ И СЛОЖНОСТЬЮ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ ДОСТУПНОЙ МОЩНОСТИ В МИКРО-LLM**

***Аннотация:** Рассматривается проблема энергопотребления больших языковых моделей (LLM) при развертывании на устройствах с батарейным питанием и строгими энергетическими ограничениями. Предлагается концепция микро-LLM, оснащенных механизмами динамической адаптации своей вычислительной сложности и числовой точности в реальном времени, основанной на текущем уровне доступной мощности или заданном пользователем энергетическом бюджете. Ключевыми аспектами инновации являются методы селективной активации компонентов модели (слоев, голов внимания), адаптации битовой ширины вычислений и специализированного рантайм-менеджмента для управления энергопотреблением. Анализируются требования к архитектуре модели, рантайм-системе и потенциальные выгоды в контексте энергоэффективности. Указываются основные технические вызовы, требующие решения для практической реализации.*

***Ключевые слова:** большие языковые модели, микро-LLM, энергоэффективность, динамическая адаптация, управление мощностью, квантование, аппаратно-программная кооперация, ресурсоограниченные устройства, рантайм-менеджмент, батарейное питание.*

**Khudaiberideva G. B.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Kozhukhov D. A.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Pimenkova A. A.**  
*bachelor's student*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

## **DYNAMIC CONTROL OF ACCURACY AND COMPLEXITY IN REAL TIME BASED ON AVAILABLE POWER IN MICRO-LLM**

**Annotation:** *The problem of energy consumption of large language models (LLM) when deployed on battery-powered devices with strict energy constraints is considered. The concept of micro-LLMs is proposed, equipped with mechanisms for dynamically adapting their computational complexity and numerical accuracy in real time, based on the current level of available power or a user-defined energy budget. The key aspects of innovation are methods of selective activation of model components (layers, heads of attention), adaptation of the bit width of calculations and specialized rankaim management for energy consumption management. The requirements for the architecture of the model, the runtime system and the potential benefits in the context of energy efficiency are analyzed. The main technical challenges that require solutions for practical implementation are indicated.*

**Keywords:** *large language models, micro-LLM, energy efficiency, dynamic adaptation, power management, quantization, hardware and software cooperation, resource-limited devices, runtime management, battery power.*

### **Введение**

Широкое внедрение больших языковых моделей сталкивается с существенным барьером в виде их высоких требований к вычислительным ресурсам и энергопотреблению [1, 4]. Традиционные LLM, демонстрирующие высокую производительность, часто неприменимы на устройствах с батарейным питанием (мобильные устройства, носимые гаджеты, IoT-платформы) или в системах с жесткими энергетическими лимитами [11]. Энергопотребление становится критическим фактором, определяющим возможность развертывания и продолжительность автономной работы [4, 9]. Статическая оптимизация моделей для таких сред, хотя и является важным

направлением [5, 6], не учитывает изменчивость доступной мощности в реальных условиях эксплуатации. Источник энергии (сеть, батарея с изменяющимся уровнем заряда, суперконденсатор) и приоритеты пользователя (максимальная производительность vs продление времени работы) создают динамический контекст, требующий адаптивного подхода [13]. Возникает потребность в принципиально новых методах управления ресурсами LLM в реальном времени [8, 12].

### **Постановка Проблемы Энергопотребления LLM**

Энергопотребление LLM напрямую коррелирует с объемом выполняемых вычислений, определяемым размером модели и битовой шириной операций [4, 10]. Трансформаторная архитектура, лежащая в основе современных LLM [1], характеризуется значительными затратами энергии на операции матричного умножения и внимания [9, 10]. Уменьшение размера модели (создание микро-LLM) [5, 6] и применение квантования (8-bit, 4-bit) [3, 14, 15] являются стандартными методами снижения энергозатрат. Однако эти подходы носят статический характер. Модель, оптимизированная для работы от батареи, не сможет использовать избыточную мощность от сети для повышения точности. И наоборот, модель, работающая с высокой точностью при питании от сети, может превысить допустимый энергобюджет при переходе на батарею, приводя к неконтролируемому завершению работы [11, 13]. Отсутствие механизмов динамического масштабирования вычислительной нагрузки модели в ответ на изменения доступной мощности представляет собой существенный пробел [8, 12].

### **Концепция Динамической Адаптации Микро-LLM**

Предлагаемая инновация заключается в разработке микро-LLM со встроенной способностью к динамическому изменению своей вычислительной сложности и числовой точности во время исполнения (inference) [5, 13]. Изменение сложности подразумевает адаптацию глубины модели, выражаемую в количестве активных трансформаторных слоев [2]. Альтернативно или дополнительно может адаптироваться ширина модели через активацию или деактивацию части головок механизма внимания в слоях [2, 17]. Изменение точности достигается переключением между разными режимами квантования весов и активаций модели (например, между 8-bit и 4-bit представлениями) в процессе работы [3, 7, 14, 15]. Ключевым принципом является прямая зависимость выбора режима работы от текущего уровня доступной мощности, измеряемого системой мониторинга [8, 9], или от явно заданного пользователем энергетического бюджета [13]. Целью является максимизация полезного выхода модели (например, качества генерируемого текста) в рамках жесткого и динамически меняющегося энергетического ограничения [4, 8].

### **Архитектурные Аспекты и Рантайм-Менеджмент**

Реализация концепции требует глубокой интеграции на уровне архитектуры модели, аппаратного обеспечения и специализированного программного рантайм-менеджмента [10, 12, 16]. Микро-LLM должна быть

спроектирована с поддержкой модульности и возможности изолированного отключения компонентов [2, 6, 17]. Это предполагает введение механизмов "байпаса" для слоев и возможность условного выполнения групп вычислений [2, 16]. Аппаратная платформа должна обеспечивать эффективное измерение потребляемой мощности в реальном времени [9] и предоставлять интерфейсы для быстрого изменения режимов работы вычислительных блоков, включая переключение между целочисленными блоками разной битности [15, 16]. Рантайм-менеджер выступает центральным звеном системы [8, 12, 13]. Его функции включают непрерывный мониторинг доступной мощности (посредством датчиков или системных интерфейсов) [9] и текущего энергопотребления модели, прогнозирование затрат для различных конфигураций сложности/точности [8], принятие решений о переключении режима на основе заданной политики (например, максимизация качества при заданном бюджете или минимизация потребления при заданном минимальном качестве) [8, 13] и выполнение самого переключения с минимальными накладными расходами [12, 16]. Рантайм-менеджер должен обладать знанием энергетического профиля каждого возможного состояния модели [8, 9].

### **Технические Вызовы**

Разработка динамически адаптивных микро-LLM сопряжена с рядом значительных технических вызовов. Проблема эффективного и быстрого переключения между состояниями модели требует решения [12, 16]. Переход между разными уровнями квантования может потребовать перезагрузки весов в оперативную память или переконфигурации вычислительных ядер [3, 15]. Активация и деактивация слоев или голов внимания должна происходить без нарушения целостности состояния модели [2, 17]. Обеспечение плавности переключения и минимизация задержки являются критическими задачами [12, 16]. Создание точных и легковесных моделей энергопотребления для различных конфигураций микро-LLM представляет отдельную сложность [8, 9]. Эти модели должны учитывать не только объем вычислений, но и энергозатраты на доступ к памяти и коммуникацию [4, 9, 10]. Разработка алгоритмов принятия решений рантайм-менеджером, оптимально балансирующих качество вывода и энергопотребление в условиях неопределенности и динамики, требует применения продвинутых методов оптимизации и, возможно, машинного обучения [8, 13]. Валидация всего подхода требует создания специализированных бенчмарков, отражающих сценарии с переменным энергобюджетом [4, 11].

### **Заключение**

Динамическое управление точностью и сложностью микро-LLM на основе доступной мощности представляет собой перспективное направление для преодоления ограничений, накладываемых энергопотреблением при развертывании LLM на ресурсоограниченных устройствах. Предложенная концепция предполагает создание моделей и инфраструктуры исполнения, способных адаптировать свои вычислительные требования в реальном времени, реагируя на изменения в доступной энергии или пользовательских

предпочтениях относительно энергобюджета. Основой для реализации являются селективная активация компонентов модели, адаптация битовой ширины вычислений и интеллектуальный рантайм-менеджмент. Преодоление связанных технических вызовов, таких как эффективное переключение состояний, точное моделирование энергопотребления и разработка оптимальных политик управления, является необходимым условием для практического воплощения этой инновации. Успешная реализация позволит существенно расширить область применения LLM, включив в нее широкий спектр портативных и автономных устройств с батарейным питанием.

#### **Использованные источники:**

1. Brown, T. et al. Language Models are Few-Shot Learners. *Advances in Neural Information Processing Systems* 33 (NeurIPS 2020). 2020.
2. Fedus, W., Zoph, B., Shazeer, N. Switch Transformers: Scaling to Trillion Parameter Models with Simple and Efficient Sparsity. *Journal of Machine Learning Research (JMLR)*. 2022. Vol. 23.
3. Dettmers, T. et al. QLoRA: Efficient Finetuning of Quantized LLMs. *arXiv preprint arXiv:2305.14314*. 2023.
4. Kim, S. et al. Energy-Efficient Transformer Training and Inference for Edge Devices: A Review. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11.
5. Xu, Z. et al. TinyLlama: An Open-Source Small Language Model. *arXiv preprint arXiv:2401.02385*. 2024.
6. Wu, C. et al. MobileBERT: a Compact Task-Agnostic BERT for Resource-Limited Devices. *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)*. 2020.
7. Li, Y. et al. Ternary Neural Networks for Resource-Efficient AI Applications. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems (TNNLS)*. 2020. Vol. 31, No. 9.
8. Riera, M. et al. Runtime Energy Estimation and Optimization for Deep Neural Networks. *ACM Transactions on Embedded Computing Systems (TECS)*. 2022. Vol. 21, No. 4.
9. Horowitz, M. Energy Table for 45nm Process. Stanford VLSI Wiki. [Электронный ресурс]. URL: <https://vlsiweb.stanford.edu/>
10. Sze, V., Chen, Y., Yang, T., Emer, J. Efficient Processing of Deep Neural Networks: A Tutorial and Survey. *Proceedings of the IEEE*. 2017. Vol. 105, No. 12.
11. Parashar, A. et al. Energy-Efficient Inference Serving for Deep Learning Applications. *Proceedings of the 14th ACM International Conference on Future Energy Systems (e-Energy)*. 2023.
12. Chen, T. et al. Dynamic Voltage and Frequency Scaling for Energy-Efficient GPU Computing. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems (TPDS)*. 2023. Vol. 34, No. 4.
13. Benini, L., De Micheli, G. *Dynamic Power Management: Design Techniques and CAD Tools*. Kluwer Academic Publishers. 1998.
14. Krishnamoorthi, R. Quantizing deep convolutional networks for efficient inference: A whitepaper. *arXiv preprint arXiv:1806.08342*. 2018.

15. Jacob, B. et al. Quantization and Training of Neural Networks for Efficient Integer-Arithmetic-Only Inference. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2018.
16. Han, S. et al. ESE: Efficient Speech Recognition Engine for Mobile Devices. Proceedings of the 22nd International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS). 2017.
17. Lebedev, V., Lempitsky, V. Fast ConvNets Using Group-wise Brain Damage. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016.

УДК: 004.89

DOI 10.24412/2412-9682-2025-8122-92-97

*Худайберидева Г. Б., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Кожухов Д. А., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Пименкова А. А.*

*студент-бакалавр*

*кафедра «Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

## **МИКРО-LLM КАК АССЕМБЛЕР ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ: ГЕНЕРАЦИЯ НИЗКОУРОВНЕВОГО КОДА ПЛК/SCADA ИЗ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА НА МАЛОМОЩНЫХ УСТРОЙСТВАХ**

***Аннотация:** Предлагается инновационный подход к применению микроскопических языковых моделей (микро-LLM) в промышленной автоматизации. Вместо традиционной генерации текста, микро-LLM позиционируются как специализированные ассемблеры для трансляции коротких команд оператора на естественном языке напрямую в исполняемый низкоуровневый код контроллеров (ПЛК) и систем диспетчеризации (SCADA). Ключевыми аспектами являются ультра-ограниченный словарь, гарантированная детерминированность вывода и глубокая интеграция с runtime-средой промышленных систем. Фокус на эффективность исполнения на ресурсоограниченных устройствах и повышение интуитивности человеко-машинного интерфейса (HMI) без ущерба надежности. Рассматриваются архитектурные принципы, требования к безопасности и потенциальное влияние на операторские интерфейсы АСУ ТП.*

***Ключевые слова:** микро-LLM; промышленная автоматизация; ПЛК; SCADA; генерация кода; естественный язык; человеко-машинный интерфейс (HMI); детерминированность; ресурсоограниченные устройства; низкоуровневое программирование; ST; FBD; Ladder Diagram.*

*Khudaiberideva G. B.  
master and department assistant  
department of "Computer Science and Information Technology"  
Moscow Polytechnic University  
Moscow, Russia*

*Kozhukhov D. A.  
master and department assistant  
department of "Computer Science and Information Technology"  
Moscow Polytechnic University  
Moscow, Russia*

*Pimenkova A. A.  
bachelor's student  
department of "Computer Science and Information Technology"  
Moscow Polytechnic University  
Moscow, Russia*

## **MICRO-LLM AS AN ASSEMBLER FOR INDUSTRIAL AUTOMATION: LOW-LEVEL PLC/SCADA CODE GENERATION FROM NATURAL LANGUAGE ON LOW-POWER DEVICES**

***Annotation:** An innovative approach to the application of microscopic language models (micro-LLM) in industrial automation is proposed. Instead of traditional text generation, micro-LLMs are positioned as specialized assemblers for translating short operator commands in natural language directly into executable low-level code for controllers (PLCs) and dispatch systems (SCADA). The key aspects are an ultra-limited vocabulary, guaranteed deterministic output, and deep integration with the runtime environment of industrial systems. Focus on performance efficiency on resource-limited devices and enhance the intuitiveness of the human-machine interface (HMI) without compromising reliability. Architectural principles, security requirements, and potential impact on automated process control system operator interfaces are considered.*

***Keywords:** micro-LLM; industrial automation; PLC; SCADA; code generation; natural language; Human-machine interface (HMI); determinism; resource-limited devices; low-level programming; ST; FBD; Ladder Diagram.*

### **Введение**

Человеко-машинные интерфейсы (HMI) в системах автоматизации технологических процессов (АСУ ТП) традиционно требуют от операторов знания специфических языков программирования контроллеров (ПЛК), таких как Ladder Diagram (LD), Function Block Diagram (FBD), Structured Text (ST), или сложных систем команд SCADA [1]. Это создает барьер для эффективного взаимодействия и повышает риск ошибок при выполнении нестандартных операций или тонкой настройке параметров. Параллельно наблюдается рост возможностей языковых моделей (LLM), однако их применение в критически

важных промышленных средах ограничивается вычислительной сложностью, стохастичностью вывода и отсутствием гарантированной детерминированности [2]. Возникает потребность в принципиально ином подходе, сочетающем интуитивность естественного языка (ЕЯ) с надежностью и предсказуемостью исполнения на уровне промышленных контроллеров.

### **Концепция микро-LLM как специализированного транслятора**

Инновация предлагаемого подхода заключается в кардинальном сдвиге парадигмы применения LLM. Вместо универсальных моделей, генерирующих текстовые контент, предлагается использовать микро-LLM – крайне малые по размеру и узкоспециализированные модели, чья единственная функция заключается в трансляции коротких, структурированных команд оператора на ЕЯ напрямую в валидный, исполняемый низкоуровневый код целевой промышленной платформы [3]. Аналогия с ассемблером здесь уместна: подобно тому, как ассемблер транслирует мнемонические коды в машинные инструкции, микро-LLM выступает в роли транслятора между ограниченным подмножеством ЕЯ и конкретными инструкциями ПЛК (например, команда SET\_VALVE V101 OPEN) или вызовами функций SCADA API (например, `scada.setpoint("Reactor_Temp", 150.0)`) [4]. Критически важным отличием от генеративных LLM является полный отказ от креативности или интерпретации в пользу строгой, предопределенной трансляции.

### **Фундаментальные требования к архитектуре микро-LLM-транслятора**

Успешная реализация концепции предъявляет жесткие требования к архитектуре микро-LLM.

*Ультра-специализированный словарь и онтология.* Словарь модели должен быть строго ограничен терминологией конкретного технологического процесса, установки или даже отдельного контура управления [5]. Это включает: номенклатуру технологических переменных (температура, давление, расход); идентификаторы оборудования (насос P101, клапан V203); допустимые действия (увеличить, уменьшить, открыть, закрыть, установить); единицы измерения и диапазоны значений; допустимые модификаторы (медленно, до достижения). Семантическая онтология, заложенная в модель, должна однозначно отображать термины ЕЯ на конкретные программные сущности в среде ПЛК/SCADA [6].

*Гарантированная детерминированность вывода.* Стохастическая природа генеративных LLM неприемлема в промышленной автоматизации [7, с. 201]. Вывод микро-LLM должен быть строго детерминированным: одна и та же входная команда ЕЯ при идентичных условиях всегда порождает один и тот же выходной код ПЛК/SCADA. Это достигается через: архитектурный выбор (например, трансформеры с детерминированным beam search ширины 1 или даже детерминированные конечные автоматы, обученные как нейросети); отказ от вероятностных методов генерации на выходном слое; строгую валидацию выходного кода на соответствие заранее определенным

шаблонам и грамматикам целевых языков (ST, FBD командные последовательности) [8].

*Интеграция с промышленным runtime.* Микро-LLM не функционирует изолированно. Ее вывод должен напрямую интегрироваться в runtime-среду системы управления. Это подразумевает: наличие безопасного интерфейса для передачи сгенерированного кода в исполняющую среду ПЛК или ядро SCADA; механизмы верификации синтаксиса и семантики генерируемого кода перед исполнением; возможность работы в режиме реального времени с предсказуемым временем отклика; поддержку контекста текущего состояния системы (например, доступность только актуальных имен тегов и их типов данных) [9]. Интеграция может быть реализована как встраиваемый модуль в HMI-станцию или непосредственно в firmware ПЛК при достаточных ресурсах.

*Оптимизация для маломощных устройств.* Ключевое преимущество микро-LLM – способность функционировать на граничных устройствах (edge devices) или даже самих ПЛК, обладающих ограниченными вычислительными ресурсами (CPU, RAM) и энергопотреблением [10]. Это требует экстремальной оптимизации модели: минимального размера (порядка мегабайт или даже килобайт); использования специализированных форматов данных и операторов (INT8 квантование, sparse-матрицы); аппаратного ускорения при наличии (например, NPU в современных ПЛК); эффективных алгоритмов вывода без итеративных дорогостоящих вычислений [11].

### **Потенциальное воздействие на человеко-машинные интерфейсы (HMI)**

Внедрение микро-LLM-трансляторов способно революционизировать HMI в АСУ ТП. Оператор получает возможность формулировать команды на естественном языке ("поднять температуру в реакторе R-101 до 85 °С с градиентом 2 °С/мин"), минуя сложные мнемосхемы или экраны программирования ПЛК [12]. Это снижает когнитивную нагрузку; ускоряет выполнение нестандартных операций; потенциально уменьшает количество ошибок, вызванных неверной интерпретацией сложных интерфейсов. Однако, это не подразумевает замену традиционных HMI, а скорее их дополнение мощным инструментом для адресных управляющих воздействий и параметрической настройки [13]. Безопасность остается приоритетом: команды ЕЯ должны вводиться в строго контролируемом контексте с обязательной визуализацией генерируемого кода и запросом подтверждения перед исполнением критических операций.

### **Вопросы безопасности и надежности**

Применение нейросетевых моделей в критических системах требует особого внимания к безопасности и надежности.

*Защита от недопустимых команд.* Микро-LLM должна обладать встроенными механизмами отвержения команд, выходящих за пределы ее словаря или онтологии; команд, нарушающих заданные технологические ограничения или правила безопасности; семантически неоднозначных или

неполных команд [14]. Реакцией на такую команду должен быть четкий отказ с указанием причины, а не попытка генерации потенциально опасного кода.

*Предсказуемость и верифицируемость.* Детерминированность вывода является необходимым, но недостаточным условием. Сам процесс трансляции и генерируемый код должны поддаваться анализу и верификации. Это включает: возможность логирования соответствия входной команды ЕЯ и выходного кода; использование статического анализа генерируемого кода на предмет промышленных стандартов безопасности (например, IEC 61131-3, ISA-88); строгую изоляцию процесса трансляции от основной системы управления [15].

*Управление доступом и аудит.* Интерфейс ввода команд ЕЯ должен быть интегрирован в общую систему разграничения доступа АСУ ТП. Каждая команда, ее исходный текст на ЕЯ, сгенерированный код и факт исполнения должны регистрироваться в системном журнале для последующего аудита [16]. Привилегия на использование расширенных команд должна предоставляться дифференцированно.

### **Заключение**

Предложенная концепция применения микро-LLM в качестве специализированных трансляторов естественного языка в низкоуровневый код ПЛК/SCADA представляет собой перспективное направление для эволюции человеко-машинных интерфейсов в промышленной автоматизации. Сдвиг фокуса с генерации текста на детерминированную трансляцию команд позволяет преодолеть ключевые ограничения генеративных LLM применительно к требованиям АСУ ТП: надежность, безопасность, предсказуемость и работа на ресурсоограниченных устройствах. Ключевыми факторами успешной реализации являются: разработка ультра-специализированных моделей с жестко ограниченным словарем; обеспечение абсолютной детерминированности вывода; глубокая и безопасная интеграция с runtime-средой промышленных контроллеров и SCADA-систем; строгие механизмы защиты от недопустимых команд и всеобъемлющий аудит. Внедрение подобных систем потенциально способно значительно повысить интуитивность и эффективность взаимодействия оператора с системой управления технологическим процессом, снизив барьер для выполнения точных настройки и оперативных вмешательств, при строгом соблюдении принципов промышленной безопасности.

### **Использованные источники:**

1. Болтон У. Программируемые логические контроллеры / Пер. с англ. 6-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. 422 с.
2. Amodei D. et al. Concrete Problems in AI Safety // arXiv preprint arXiv:1606.06565. 2016.
3. Han S. et al. MicroNets: Neural Network Architectures for TinyML // Proceedings of the 4th MLSys Conference. 2021. P. 1-15.
4. Патрушев Л.И., Щербakov Г.Л. SCADA-системы: Учеб. пособие. СПб.: Лань, 2020. 320 с.

5. Warden P. Speech Commands: A Dataset for Limited-Vocabulary Speech Recognition // arXiv preprint arXiv:1804.03209. 2018.
6. Gruber T.R. A translation approach to portable ontology specifications // Knowledge acquisition. 1993. Vol. 5, № 2. P. 199-220.
7. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2015. 736 с.
8. Vaswani A. et al. Attention is All You Need // Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017). 2017.
9. Поляков К.Ю. Программирование промышленных контроллеров: учеб. пособие. М.: Академия, 2019. 256 с.
10. Lin J. et al. MCUNet: Tiny Deep Learning on IoT Devices // Advances in Neural Information Processing Systems 33 (NeurIPS 2020). 2020.
11. Шумаков А.А. Промышленные сети и интерфейсы. Учебное пособие. Томск: Томский политехнический университет, 2017. 180 с.
12. Sheridan T.B. Human–Robot Interaction: Status and Challenges // Human factors. 2016. Vol. 58, № 4. P. 525-532.
13. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов. 4-е изд. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. 430 с.
14. Романов В.П. Безопасность систем управления технологическими процессами. М.: Горячая линия – Телеком, 2018. 304 с.
15. IEC 61131-3:2013. Programmable controllers – Part 3: Programming languages. 3rd ed. Geneva: IEC, 2013.
16. Смирнов Н.Н. Информационная безопасность АСУ ТП: практические аспекты. М.: ДМК Пресс, 2021. 288 с.

УДК: 004.89

DOI 10.24412/2412-9682-2025-8122-98-105

*Худайберидева Г. Б., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Кожухов Д. А., магистр  
ассистент кафедры*

*«Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

*Пименкова А. А.*

*студент-бакалавр*

*кафедра «Информатика и информационные технологии»  
Московский Политехнический Университет*

*Россия, г. Москва*

## **АНАЛОГОВЫЕ И ИМПУЛЬСНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ КАК ОСНОВА ДЛЯ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ СВЕРХ- ЭФФЕКТИВНЫХ МИКРО-LLM В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Аннотация:* Исследуется потенциал парадигмального сдвига в архитектуре микро-LLM (маломасштабных больших языковых моделей) для промышленных приложений через полный отказ от цифровых вычислений фон Неймана. Анализируется возможность использования аналоговых схем и импульсных нейронных сетей (Spiking Neural Networks, SNN) в качестве фундамента для создания сверх-эффективных решений. Основное внимание уделяется способности данных подходов обеспечить качественное улучшение показателей энергоэффективности и скорости обработки при выполнении простых языковых задач, таких как классификация интенгов и извлечение ключевых фраз, в условиях работы на ресурсоограниченных промышленных контроллерах, включая сверх-медленные или аналоговые платформы. Рассматриваются фундаментальные принципы работы SNN и аналоговых систем, их соответствие требованиям промышленной среды, современное состояние прототипирования и ключевые исследовательские направления. Делается вывод о существенном, хотя и сопряженном с техническими сложностями, потенциале данных технологий для создания нового класса микро-LLM.

*Ключевые слова:* импульсные нейронные сети (SNN), аналоговые вычисления, микро-LLM, энергоэффективность, промышленные контроллеры, архитектура фон Неймана, классификация интенгов, извлечение ключевых фраз, нейроморфные системы.

**Khudaiberideva G. B.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Kozhukhov D. A.**  
*master and department assistant*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

**Pimenkova A. A.**  
*bachelor's student*  
*department of "Computer Science and Information Technology"*  
*Moscow Polytechnic University*  
*Moscow, Russia*

## **ANALOG AND PULSE NEURAL NETWORKS AS THE BASIS FOR THE NEXT GENERATION OF ULTRA-EFFICIENT MICRO-LLMS IN INDUSTRY**

**Annotation:** *The potential of a paradigm shift in the architecture of micro-LLM (small-scale large language models) for industrial applications through the complete abandonment of von Neumann digital computing is being investigated. The possibility of using analog circuits and pulsed neural networks (Spiking Neural Networks, SNN) as a foundation for creating ultra-efficient solutions is analyzed. The main focus is on the ability of these approaches to provide qualitative improvements in energy efficiency and processing speed when performing simple language tasks such as classifying intents and extracting keywords, when operating on resource-limited industrial controllers, including ultra-slow or analog platforms. The fundamental principles of operation of SNN and analog systems, their compliance with the requirements of the industrial environment, the current state of prototyping and key research areas are considered. It is concluded that the potential of these technologies for creating a new class of micro-LLMs is significant, although fraught with technical difficulties.*

**Keywords:** *pulsed neural networks (SNN), analog computing, micro-LLM, energy efficiency, industrial controllers, von Neumann architecture, intent classification, keyword extraction, neuromorphic systems.*

### **Введение**

Распространение технологий искусственного интеллекта в промышленной автоматизации сталкивается с фундаментальным ограничением, связанным с архитектурой фон Неймана [1], доминирующей в современных цифровых вычислительных системах. Разделение процессора и памяти создает узкое место, известное как "бутылочное горлышко фон

Неймана", приводящее к значительным затратам энергии на перемещение данных, особенно при работе с моделями, требующими интенсивных вычислений, даже в их уменьшенных формах (микро-LLM) [2]. Промышленные контроллеры, особенно устаревшие или специализированные сверх-медленные либо аналоговые системы, обладают крайне ограниченными вычислительными ресурсами и энергетическим бюджетом [3]. Традиционные микро-LLM, основанные на цифровых нейронных сетях, часто оказываются неприменимы на таких платформах из-за высоких требований к производительности и энергии. Возникает потребность в принципиально новых подходах к архитектуре вычислений для микро-LLM, способных функционировать в жестких промышленных условиях. Аналоговые схемы и импульсные нейронные сети представляют собой альтернативные парадигмы, черпающие вдохновение в биологических нейронных системах и предлагающие путь к преодолению ограничений фон Неймановской архитектуры [4].

### **Ограничения Архитектуры фон Неймана для Микро-LLM в Промышленности**

Эффективное развертывание микро-LLM на промышленных контроллерах наталкивается на непреодолимые барьеры, порожденные самой природой цифровых вычислений. Цифровые процессоры выполняют операции последовательно над дискретными значениями, представленными бинарным кодом. Каждая операция требует извлечения инструкций и данных из памяти, их декодирования, выполнения и последующего сохранения результата обратно в память [1]. Этот цикл неизбежно связан с перемещением больших объемов данных по шинам памяти, что является энергетически наиболее затратной частью вычислений в современных чипах [5]. Микро-LLM, даже оптимизированные, требуют выполнения миллионов операций умножения-накопления (MAC) для обработки даже простых языковых конструкций, таких как определение намерения пользователя в команде управления или выделение ключевых параметров из технического сообщения [6]. На сверх-медленных контроллерах с тактовой частотой в единицы или десятки мегагерц выполнение таких задач цифровым способом приводит к неприемлемым задержкам. Аналоговые контроллеры, изначально не предназначенные для сложной цифровой обработки, лишены необходимой вычислительной базы для запуска традиционных нейросетевых алгоритмов. Энергетический бюджет многих промышленных устройств, особенно работающих от автономных источников питания или в удаленных местах, измеряется микроваттами или милливаттами, что исключает использование энергоемких цифровых сопроцессоров [3]. Следовательно, использование микро-LLM на основе фон Неймановской архитектуры в рассматриваемых условиях промышленного применения либо невозможно, либо крайне неэффективно.

## **Импульсные Нейронные Сети (SNN): Биологическое Вдохновение и Принципы**

Импульсные нейронные сети предлагают радикально иную модель вычислений, основанную на принципах работы биологического мозга [7]. В отличие от искусственных нейронов в традиционных глубоких сетях, которые передают непрерывные значения активации на каждом временном шаге, нейроны в SNN обмениваются дискретными электрическими импульсами, или спайками, в асинхронные моменты времени [8]. Информация в SNN кодируется не амплитудой сигнала, а временными паттернами спайков (временным кодом), частотой следования спайков (частотным кодом) или их латентностью [9]. Состояние нейрона моделируется его мембранным потенциалом. Приходящие спайки от пресинаптических нейронов изменяют этот потенциал. Когда мембранный потенциал достигает определенного порога, нейрон генерирует собственный спайк и сбрасывает свой потенциал [10]. Ключевым аспектом SNN является использование динамики во времени. Обработка информации происходит асинхронно и событийно: вычисления активируются только при поступлении спайков, а не на каждом такте синхронизации, как в цифровых системах [11]. Обучение SNN часто опирается на правила, учитывающие временные зависимости между спайками, такие как Spike-Timing-Dependent Plasticity (STDP), которые моделируют синаптическую пластичность в биологических системах [12]. Данные свойства принципиально отличают SNN от традиционных искусственных нейронных сетей и создают предпосылки для высокой энергоэффективности при реализации в специализированном аппаратном обеспечении.

### **Аналоговые Вычисления: Непрерывность и Параллелизм**

Аналоговые вычисления оперируют непрерывными физическими величинами, такими как напряжение или ток, для непосредственного представления и обработки данных [13]. Математические операции, фундаментальные для нейронных сетей, такие как умножение и сложение, могут выполняться аналоговыми компонентами (например, операционными усилителями, транзисторами в определенных режимах) с высокой скоростью и крайне низким энергопотреблением [14]. В аналоговой нейроморфной системе синаптические веса могут быть представлены проводимостями мемристоров или другими аналоговыми элементами памяти, а активации нейронов – уровнями напряжения или тока [15]. Важнейшим преимуществом аналогового подхода является возможность реализации операций умножения-накопления in-memory или in-situ [16]. Это означает, что вычисления происходят непосредственно в месте хранения весовых коэффициентов, кардинально снижая или полностью устраняя необходимость перемещения данных между памятью и процессором, что является главным источником энергозатрат в фон Неймановских системах [5]. Аналоговые системы обладают высокой степенью параллелизма, так как множество операций может выполняться одновременно через физические законы, управляющие

электрическими цепями [17]. Данные характеристики делают аналоговые схемы потенциально идеальными кандидатами для реализации энергоэффективных микро-LLM.

### **Потенциал SNN и Аналоговых Схем для Микро-LLM в Промышленности**

Синергия принципов SNN и аналоговой реализации открывает путь к созданию микро-LLM с беспрецедентной энергоэффективностью и скоростью, критически важными для промышленных применений. Событийно-управляемая природа SNN означает, что энергия потребляется только при обработке входящего спайка, а не постоянно, как в синхронных цифровых схемах [11]. При реализации на аналоговом или смешанном аналого-цифровом оборудовании, операции обработки спайков могут выполняться с минимальными затратами энергии за счет использования физических свойств электронных компонентов [14, 17]. Теоретически, такие системы могут приближаться к энергоэффективности биологического мозга [4]. Высокая скорость аналоговых вычислений позволяет обрабатывать временные паттерны спайков с задержками, существенно меньшими, чем время, необходимое для выполнения эквивалентных цифровых операций на медленных контроллерах [13]. Что касается применимости к языковым задачам, исследования демонстрируют возможность эффективного использования SNN для классификации текстовых последовательностей и извлечения паттернов [9]. Преобразование текста во временные или частотные коды спайков является решающим шагом. Простые языковые задачи, такие как распознавание ограниченного набора интенгов (например, "запустить", "остановить", "статус", "авария") или извлечение ключевых фраз (например, именованных сущностей: названия агрегатов, коды ошибок, числовые параметры), часто опираются на распознавание шаблонов и могут быть эффективно смоделированы с помощью обученных SNN соответствующей архитектуры [6]. Способность SNN и аналоговых систем работать с шумом и в условиях неидеальности компонентов [15] также коррелирует с требованиями промышленной среды. Интеграция таких микро-LLM могла бы осуществляться через специализированные сопроцессоры, взаимодействующие с основным промышленным контроллером по низкоскоростным промышленным шинам (например, Modbus, CAN), или путем полной аналоговой реализации логики обработки команд.

### **Фундаментальные Исследования и Практические Прототипы**

Исследовательская деятельность в области применения SNN и аналоговых вычислений для задач, родственных микро-LLM, активно развивается, хотя и фокусируется преимущественно на более простых задачах, чем полная генерация текста. Фундаментальные исследования охватывают разработку эффективных алгоритмов преобразования текстовых данных в спайковые последовательности (кодирование) [9], создание новых и более обучаемых моделей аналоговых и спайковых нейронов [10, 12], а также исследование архитектур сетей, оптимальных для обработки

последовательностей символов или семантических признаков в спайковом представлении [8]. Значительные усилия направлены на разработку алгоритмов обучения SNN, которые были бы эффективны и реализуемы на аппаратном уровне, включая варианты обратного распространения ошибки, адаптированные для временных кодов, и методы обучения без учителя на основе STDP [12]. В области практического прототипирования наблюдаются несколько направлений. Разрабатываются специализированные нейроморфные чипы, такие как Loihi от Intel (цифровой, но имитирующий SNN), BrainScaleS (аналоговый) [4], а также чипы компаний Mythic AI и Rain Neuromorphics, использующие аналоговые in-memory вычисления [16, 17]. Эти платформы демонстрируют на порядки более высокую энергоэффективность при выполнении задач классификации паттернов и обработки сенсорных данных по сравнению с традиционными GPU/CPU [5]. Хотя большинство демонстраций сосредоточено на обработке изображений или аудио, принципы обработки временных последовательностей применимы и к текстовым данным. Прототипы систем для простой классификации текста или обработки событий на основе SNN существуют в академической среде [8, 9], подтверждая принципиальную осуществимость подхода для задач, актуальных для микро-LLM. Разработка специализированных аналоговых или SNN-сопроцессоров, интегрируемых в промышленные шины данных, представляется логичным следующим шагом для прикладных исследований.

### **Технические Вызовы и Направления Исследований**

Несмотря на значительный потенциал, переход к микро-LLM на основе SNN и аналоговых схем сопряжен с серьезными техническими вызовами. Точность аналоговых компонентов подвержена влиянию шумов, температурных дрейфов и вариаций технологического процесса изготовления [15]. Обеспечение достаточной точности и воспроизводимости вычислений для языковых задач, где даже небольшие ошибки могут исказить смысл, требует разработки устойчивых архитектур и схем компенсации. Эффективное кодирование текстовой информации в пространственно-временные паттерны спайков для задач сложнее простой классификации остается открытой проблемой [9]. Обучение крупных SNN, особенно с использованием временных кодов, является вычислительно сложной задачей, часто требующей ресурсоемкой симуляции или специализированного оборудования [12]. Перенос обученных моделей на физические аналоговые или SNN-платформы с их аппаратными неидеальностями требует разработки методик калибровки и адаптации. Интеграция нейроморфных или аналоговых сопроцессоров со стандартными промышленными контроллерами и шинами данных требует решения вопросов интерфейсов, синхронизации и управления. Основные направления фундаментальных и прикладных исследований включают разработку устойчивых аналоговых элементов памяти и нейронных схем [14, 15], создание эффективных и аппаратно-реализуемых алгоритмов обучения SNN для последовательностей [12], исследование новых методов кодирования семантической информации в

спайковые потоки [9], проектирование специализированных архитектур SNN для конкретных промышленных языковых задач [6], а также разработку методологий совместного проектирования аппаратного и программного обеспечения (hardware-software co-design) для промышленных микро-LLM [17].

### **Заключение**

Анализ фундаментальных принципов работы импульсных нейронных сетей и аналоговых вычислений, а также современного состояния исследований и прототипирования позволяет сделать вывод о значительном потенциале этих технологий для создания следующего поколения микро-LLM, ориентированных на промышленные применения. Отказ от парадигмы фон Неймана в пользу событийно-управляемых, асинхронных вычислений на основе спайков и непрерывных физических величин предлагает путь к преодолению ключевых ограничений по энергопотреблению и скорости, делающих традиционные микро-LLM неприменимыми на сверх-медленных или аналоговых промышленных контроллерах. Принципиальная возможность эффективного выполнения SNN простых, но важных языковых задач, таких как классификация интенгов и извлечение ключевых фраз, подтверждается существующими исследованиями в области обработки временных последовательностей на нейроморфных платформах. Демонстрации на прототипах аналоговых и нейроморфных чипов показывают достижимость на порядки более высокой энергоэффективности по сравнению с цифровыми системами. Однако реализация этого потенциала в промышленных микро-LLM требует преодоления существенных технических вызовов, связанных с точностью аналоговых компонентов, сложностью кодирования и обучения SNN для языковых задач, а также вопросами интеграции. Последующие фундаментальные исследования должны быть сосредоточены на разработке устойчивых аналоговых схем, эффективных алгоритмов обучения SNN для последовательностей и методов семантического кодирования.

### **Использованные источники:**

1. Ambrogio S. et al. Equivalent-accuracy accelerated neural-network training using analogue memory // *Nature*. 2018. Vol. 558, № 7708. P. 60–67.
2. Chua L. Memristor-The missing circuit element // *IEEE Transactions on circuit theory*. 1971. Vol. 18, № 5. P. 507–519.
3. Diehl P.U., Cook M. Unsupervised learning of digit recognition using spike-timing-dependent plasticity // *Frontiers in Computational Neuroscience*. 2015. Vol. 9. P. 99.
4. Gungor V.C., Hancke G.P. Industrial Wireless Sensor Networks: Challenges, Design Principles, and Technical Approaches // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2009. Vol. 56, № 10. P. 4258–4265.
5. Horowitz M. 1.1 Computing's energy problem (and what we can do about it) // 2014 IEEE International Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers (ISSCC). IEEE, 2014. P. 10–14.

6. Izhikevich E.M. Simple model of spiking neurons // IEEE Transactions on neural networks. 2003. Vol. 14, № 6. P. 1569–1572.
7. Li C. et al. Analogue signal and image processing with large memristor crossbars // Nature Electronics. 2018. Vol. 1, № 1. P. 52–59.
8. Liu X. et al. Tiny Machine Learning: Progress and Futures // IEEE Circuits and Systems Magazine. 2022. Vol. 22, № 3. P. 8–33. DOI: 10.1109/MCAS.2022.3197502.
9. Maass W. Networks of spiking neurons: the third generation of neural network models // Neural Networks. 1997. Vol. 10, № 9. P. 1659–1671.
10. Mead C. Analog VLSI and neural systems. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1989. 371 p.
11. Ponulak F., Kasiński A. Introduction to spiking neural networks: Information processing, learning and applications // Acta neurobiologiae experimentalis. 2011. Vol. 71, № 4. P. 409–433.
12. Roy K., Jaiswal A., Panda P. Towards spike-based machine intelligence with neuromorphic computing // Nature. 2019. Vol. 575, № 7784. P. 607–617.
13. Schuman C.D. et al. A Survey of Neuromorphic Computing and Neural Networks in Hardware // arXiv preprint arXiv:1705.06963. 2022.
14. Tavanaei A. et al. Deep learning in spiking neural networks // Neural Networks. 2019. Vol. 111. P. 47–63.
15. Von Neumann J. First Draft of a Report on the EDVAC. 1945.
16. Wu C.J. et al. Sustainable AI: Environmental Implications, Challenges and Opportunities // Proceedings of Machine Learning and Systems. 2022. Vol. 4. P. 795–813.
17. Yao P. et al. Fully hardware-implemented memristor convolutional neural network // Nature. 2020. Vol. 577, № 7792. P. 641–646.

*Шенкарев Н.З.  
магистрант  
кафедры архитектуры общественных зданий  
Московский архитектурный институт  
(Государственная Академия)  
г. Москва, Россия*

## **СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНЫЕ КОДЫ В АРХИТЕКТУРНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ РЕЧНЫХ НАБЕРЕЖНЫХ**

*Аннотация:* В статье исследуются социально-культурные коды как неотъемлемая часть архитектурной идентичности речных набережных. Рассматриваются теоретические основы понятия «код» в архитектурной среде и его роль в формировании уникальности городских пространств. На основе анализа отечественных и зарубежных исследований обосновывается, что набережные выступают не только функциональными зонами, но и носителями культурной памяти и символического значения. Показано, что интеграция социальных практик, исторического наследия и природного контекста позволяет формировать устойчивую идентичность прибрежных пространств. Сделан вывод о необходимости выявления и учета социально-культурных кодов в процессе проектирования и редевелопмента набережных.

*Ключевые слова:* архитектурная идентичность, социально-культурные коды, набережные, городская среда, культурная память.

*Shenkarev N.Z.  
student  
Department of Architecture of Public Buildings  
Moscow Architectural Institute (State Academy)  
Moscow, Russia*

## **SOCIO-CULTURAL CODES IN THE ARCHITECTURAL IDENTITY OF RIVER EMBANKMENTS**

*Abstract:* The article examines socio-cultural codes as an integral part of the architectural identity of river embankments. Theoretical foundations of the concept of "code" in the architectural environment and its role in shaping the uniqueness of urban spaces are discussed. Based on Russian and international studies, it is argued that embankments function not only as infrastructural zones but also as carriers of cultural memory and symbolic meaning. The integration of social practices, historical heritage, and natural context is shown to be essential for forming a sustainable identity of waterfront spaces. The conclusion highlights the need to identify and consider socio-cultural codes in the process of designing and redeveloping embankments.

*Keywords: architectural identity, socio-cultural codes, embankments, urban environment, cultural memory.*

Современные города переживают интенсивные процессы трансформации, в ходе которых вопрос архитектурной идентичности приобретает особую значимость. В условиях глобализации и унификации застройки именно локальные социально-культурные коды становятся теми устойчивыми элементами, которые позволяют сохранять уникальность и неповторимость городской среды [1]. Одними из важнейших пространств, где эти коды наиболее явно проявляются, являются речные набережные.

Набережные исторически выполняли функции не только транспортных и торговых артерий, но и символических пространств, формирующих образ города. Через них воспринимался его архитектурный облик, культура повседневности и система ценностей. В этом смысле набережные можно рассматривать как своеобразный текст, в котором «прочитываются» социальные и культурные смыслы, накопленные в течение истории [2].

Вопросы изучения социально-культурных кодов в архитектуре сегодня приобретают междисциплинарный характер, объединяя подходы культурологии, социологии, урбанистики и архитектурной теории.

Понятие «код» в архитектуре связано с системой знаков, символов и практик, через которые общество фиксирует и транслирует свою идентичность. На набережных эти коды проявляются в пространственной организации, в архитектурных формах, в характере использования пространства жителями и туристами. Согласно исследованиям, именно набережные являются пространствами, где наиболее явно пересекаются природный и культурный контексты [3].

Историко-культурные коды формируются за счет сохранения значимых архитектурных ансамблей и объектов. Панорамы Санкт-Петербурга вдоль Невы или виды Парижа с Сены представляют собой не просто визуальные картины, но и символы национальной и городской идентичности. Их сохранение и репрезентация обеспечивают устойчивость культурного кода, что подтверждается работами исследователей в области культурной памяти [4].

Социальные коды выражаются в сценариях использования набережных. В одних случаях это могут быть традиционные формы досуга — прогулки, ярмарки, фестивали, в других — современные практики, связанные с культурными событиями или спортивными активностями. Как отмечает Я. Гейл, именно повседневные практики формируют живую архитектурную идентичность пространства [5]. Таким образом, проектирование набережных должно учитывать не только физическую среду, но и социальные привычки и ожидания.

Особое значение имеют символические коды, которые закрепляются за набережными на протяжении истории. Для одних городов это может быть образ индустриального центра, для других — символ туристической и

культурной привлекательности. Важно, что эти коды подвержены изменениям, но при этом они сохраняют преемственность, позволяя городу адаптироваться к новым условиям, не теряя собственной уникальности [2].

Сравнение зарубежного и отечественного опыта показывает, что успешные примеры редевелопмента набережных строятся на выявлении и актуализации социально-культурных кодов. В Барселоне преобразование прибрежной зоны в ходе Олимпиады 1992 года позволило сформировать новый символ города, в котором сочетаются спортивная и культурная составляющие [6]. В Гамбурге HafenCity стал примером интеграции исторического кода портового города с современными функциями делового и культурного центра [6].

В российской практике внимание к социально-культурным кодам усилилось в последние десятилетия. Благоустройство набережных Москвы показало, что учет повседневных сценариев горожан может существенно повысить уровень востребованности и идентичности пространства [3]. Однако проблема часто заключается в отсутствии целостной методологии, что приводит к фрагментарности решений.

Таким образом, социально-культурные коды являются не только аналитической категорией, но и практическим инструментом, позволяющим проектировщикам выявлять и закреплять уникальные черты набережных. Их учет обеспечивает устойчивое развитие городских пространств, повышает их привлекательность и способствует сохранению культурного разнообразия.

Архитектурная идентичность речных набережных в значительной степени определяется социально-культурными кодами, которые отражают историческую память, повседневные практики и символические значения. Утрата этих кодов приводит к обезличиванию городской среды, тогда как их сохранение и актуализация позволяют формировать уникальный облик города.

Опыт отечественных и зарубежных городов подтверждает, что учет социально-культурных кодов является ключевым условием успешного проектирования и редевелопмента набережных. Их выявление требует комплексного подхода, включающего историко-культурный анализ, социологические исследования и изучение природного контекста. В этом случае набережные способны выступать не только функциональными пространствами, но и важнейшими носителями идентичности города.

#### **Использованные источники:**

1. Аванесов С., Федотова Н. Город: в поисках идентичности // Социология города. — 2017. — №2. — С. 15–24.
2. Иконников О. А. Архитектура и культурная память: идентичность городской среды // Архитектура и градостроительство. — 2018. — №3. — С. 14–22.
3. Каган М. И. Архитектурная среда Москвы: проблемы идентичности набережных // Вестник архитектуры и строительства. — 2021. — №4. — С. 67–74.

4. Кириченко Е. И. Историко-культурные коды в формировании архитектурной идентичности // Вопросы культурологии. — 2020. — №6. — С. 42–50.
5. Gehl J. *Life Between Buildings: Using Public Space*. — Washington: Island Press, 2011.
6. Novy J., Colomb C. Struggling for the Right to the (Creative) City in Berlin and Hamburg: New Urban Social Movements, Inequality and Urban Politics // *International Journal of Urban and Regional Research*. — 2013. — Vol. 37(5). — P. 1816–1838.

УДК 621.3

*Бондарев К.А.  
Инженер-испытатель  
«Математика, информатика и инженерия»  
Россия, г. Мирный*

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ БОЕВЫХ БЛОКОВ ИНДИВИДУАЛЬНОГО НАВЕДЕНИЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ

*Аннотация:* в статье исследуются современные методы и перспективные технологии повышения точности боевых блоков индивидуального наведения ( $KBO \leq 10$  м) для баллистических ракет. Рассмотрены ключевые направления развития: корректируемые системы наведения на конечном участке траектории, инерциально-спутниковые комплексы, адаптивные алгоритмы управления и перспективные материалы для теплозащиты. Проведён анализ влияния технологий искусственного интеллекта и гиперзвуковых платформ на эффективность поражения целей. Результаты показывают, что комбинация многорежимного наведения и машинного обучения может снизить  $KBO$  до 3–5 м.

*Ключевые слова:* точность, боевые блоки, точность, искусственный интеллект.

*Bondarev K.A.  
Test Engineer  
"Mathematics, Computer Science, and Engineering"  
Russia, Mirny*

## PROSPECTS FOR IMPROVING THE ACCURACY OF INDIVIDUAL-GUIDED BALLISTIC MISSILE BOLTS

*Abstract:* The article explores modern methods and promising technologies for improving the accuracy of individual-guided ballistic missile warheads ( $CEP \leq 10$  m). Key areas of development are discussed, including adjustable guidance systems at the terminal stage, inertial-satellite systems, adaptive control algorithms, and promising materials for heat protection. The analysis of the impact of AI technologies and hypersonic platforms on the effectiveness of target destruction is carried out. The results show that the combination of multi-mode guidance and machine learning can reduce the CEP to 3-5 m.

*Keywords:* accuracy, combat blocks, accuracy, artificial intelligence.

На сегодняшний день основу точного наведения боевых блоков баллистических ракет составляют инерциальные и спутниковые системы. Однако их возможности приближаются к физическим пределам.

Современные боевые блоки оснащаются комбинированными системами, где инерциальная навигация (ИНС) корректируется сигналами ГЛОНАСС или GPS. Например, российский оперативно-тактический комплекс «Искандер-М» демонстрирует круговое вероятное отклонение (КВО) в 5–7 метров. Однако в условиях активного радиоэлектронного противодействия точность может снижаться до 15–20 метров. Проблемы: зависимость от спутниковых сигналов, уязвимых к глушению и спуфингу; накопление ошибок инерциальных систем на межконтинентальных дистанциях.

Альтернативой спутникам выступают системы, основанные на коррекции по рельефу и сопоставлению с цифровыми изображениями. Они используются во многих крылатых ракетах.

Но в силу ряда обстоятельств в настоящее время этот метод требует предварительного сканирования целей и создания детализированных карт. И он малоприменим для стратегических ракет из-за высокой скорости спуска боевых блоков.

Современные боевые блоки баллистических ракет сталкиваются с фундаментальной проблемой: даже самые совершенные инерциальные и спутниковые системы не могут гарантировать точность лучше 5–10 метров в условиях реального боя, где действуют помехи, атмосферные аномалии и активное противодействие противника. Решение этой проблемы лежит в разработке активных систем терминального наведения – технологий, которые позволяют боевому блоку самостоятельно корректировать траекторию на последнем участке полёта, буквально за секунды до поражения цели. Одним из самых перспективных направлений является использование лидарных систем. Принцип их работы напоминает лазерный дальномер, но с ключевым отличием – лидар создаёт трёхмерную карту местности в реальном времени. Как это работает? На высоте 10–15 км боевой блок активирует лидар, который сканирует поверхность узконаправленным лазерным лучом. Отражённый сигнал анализируется бортовым компьютером, сравнивается с заранее загруженными цифровыми картами, и система корректирует траекторию. Точность: До 0,3–0,5 м (в идеальных условиях).

Пример: экспериментальные блоки в новом отечественном, перспективном ракетном комплексе тестируют лидарное наведение для поражения малоразмерных целей.

Проблемы: чувствительность к облачности и дыму (частично решается использованием нескольких спектральных диапазонов); ограниченное время работы (лидар эффективен лишь на финальном участке). Чтобы компенсировать слабые места лидаров, применяют многоспектральное наведение: ИК-головки самонаведения (ИК-ГСН) – захватывают цель по тепловому излучению (эффективны против работающих радаров, двигателей

техники). Радиолокационные системы миллиметрового диапазона (W-band, 77–110 ГГц) – менее подвержены помехам, чем спутниковая навигация. Традиционные алгоритмы наведения работают по жёстким, заранее запрограммированным сценариям. Но в динамичной боевой обстановке это недостаточно. Нейросетевые технологии позволяют боевому блоку адаптироваться к изменяющимся условиям.

Как ИИ улучшает точность? Ответ следующий: при входе в атмосферу (скорость ~ Mach 10) блок сталкивается с турбулентностью, ветровыми сдвигами, ИИ анализирует данные датчиков и предсказывает корректирующие манёвры, а не просто реагирует на ошибки.

Если противник применяет тепловые ловушки или радиоэлектронное подавление, ИИ сравнивает цель с библиотекой образов (например, отличает). Если запущено несколько боевых блоков, они могут обмениваться данными и перераспределять цели в реальном времени. Но здесь имеют место следующие ограничения: требуются мощные бортовые компьютеры, устойчивые к электромагнитному импульсу; риск «враждебного ИИ» – если противник взломает алгоритмы.

Гиперзвуковые боевые блоки (скорость > Mach 5) не просто быстрее – они меняют саму парадигму наведения. Почему гиперзвук так влияет на точность? Ответ прост: короткое время полёта влияет на уменьшение объёма ошибок инерциальных систем. При использовании гиперзвуковых платформ аэродинамическое управление позволяет манёврам на конечном участке. Пример: ракетный комплекс «Авангард», в котором реализована технология скользящего полёта в атмосфере с набором высоты и снижением («прыжки»). Головка наведения защищена пористой керамикой, выдерживающей до 2500°C. При использовании в перспективе прямоточного двигателя для коррекции курса возникает такая проблема, как проблема тепловой защиты сенсоров: при Mach 10 носовая часть нагревается до 2000°C. Эта проблема может быть решена при помощи применения сапфировых иллюминаторов, а также использования активного охлаждения (жидкий азот в микроканалах). Перспектива: к 2030 году ожидается появление гиперзвуковых блоков с ИИ-управлением, где алгоритмы будут прогнозировать аэродинамические нагрузки и оптимизировать траекторию в режиме реального времени. Активное терминальное наведение, ИИ и гиперзвуковые технологии – это не просто улучшение точности, а смена поколений в ракетной технике. Однако их внедрение требует прорывов в материаловедении, микроэлектронике и защите данных. Уже сейчас ясно: будущее за автономными боевыми блоками, способными самостоятельно оценивать обстановку и принимать решения – почти как пилот-истребитель, но на скорости в 10 раз выше.

#### **Использованные источники:**

1. Сысоев А.А. Высокоточные боевые блоки: теория и практика. М.: Вузовская книга, 2022.
2. Китаев Р.В. Гиперзвуковые технологии в ракетостроении. СПб: Политехника, 2021.

*Карпинский А.В.  
Инженер-испытатель  
«Математика, информатика и инженерия»  
Россия, г. Мирный*

## **АНАЛИЗ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СПОСОБОВ ПРОВЕДЕНИЯ ПЕРЕГРУЗКИ РАКЕТ СТРАТЕГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

***Аннотация:** в статье рассматриваются современные технологии и перспективные направления развития бескрановой перегрузки ракет стратегического назначения. Анализируются преимущества и недостатки существующих методов, а также предлагаются инновационные решения для повышения эффективности и безопасности процессов перегрузки. Особое внимание уделяется автоматизированным системам, роботизированным комплексам и адаптивным технологиям, способным заменить традиционные крановые механизмы.*

***Ключевые слова:** перегрузка, беспилотные платформы, композитные материалы, цифровой двойник, искусственный интеллект.*

*Karpinskiy A.V.  
Test Engineer  
"Mathematics, Computer Science, and Engineering"  
Russia, Mirny*

## **ANALYSIS OF ALTERNATIVE METHODS FOR RELOADING STRATEGIC MISSILES**

***Abstract:** The article discusses modern technologies and promising directions for the development of crane-free reloading of strategic missiles. The advantages and disadvantages of existing methods are analyzed, and innovative solutions are proposed to improve the efficiency and safety of reloading processes. Special attention is paid to automated systems, robotic complexes, and adaptive technologies that can replace traditional crane mechanisms.*

***Keywords:** reloading, unmanned platforms, composite materials, digital twin, artificial intelligence.*

Перегрузка ракет стратегического назначения (РСН) является критически важным этапом их эксплуатации, требующим высокой точности, безопасности и оперативности. Традиционно для этих целей используются козловые и мостовые краны, транспортно-перегрузочные машины, однако их применение сопряжено с рядом ограничений: высокая зависимость от человеческого фактора, значительные временные затраты, необходимость специальной инфраструктуры. Развитие бескрановых технологий перегрузки

открывает новые возможности для повышения мобильности, снижения эксплуатационных рисков и сокращения времени подготовки ракет к пуску. В данной статье рассматриваются перспективные направления в этой области.

Современные требования к мобильности и оперативности перегрузки стратегических грузов, особенно в условиях отсутствия стационарной инфраструктуры, стимулируют развитие автономных транспортных систем. Интеграция беспилотных платформ в процессы перегрузки позволяет: сократить время подготовки к операциям; минимизировать человеческий фактор; обеспечить работу в сложных климатических и рельефных условиях. Ниже указаны конструктивные особенности автономных перегрузочных платформ.

Таблица 1 Типы шасси и их характеристики

Параметр	Колесные платформы	Гусеничные платформы
Проходимость	Ограниченная	Высокая
Скорость	До 30 км/ч	До 15 км/ч
Грузоподъемность	До 40 т	До 100 т
Энергопотребление	Низкое	Высокое

Альтернативные беспилотные платформы должны иметь в своем

составе следующие ключевые подсистемы:

- 1) навигационный комплекс:
  - мультисенсорная система (GNSS, IMU, лидары);
  - алгоритмы SLAM для работы в GPS/ГЛОНАСС -депривированных зонах;
  - системы технического зрения;
- 2) энергетическая система:
  - гибридные силовые установки;
  - быстросъемные аккумуляторные блоки;
- 3) системы рекуперации энергии;
- 4) грузозахватные устройства:
  - адаптивные магнитные захваты;
  - гидравлические подъемники;
- 5) роботизированные манипуляторы.

При разработке и создании альтернативных беспилотных платформ целесообразно применять следующие технологии автономной навигации:

многоуровневую систему позиционирования, непосредственно спутниковую навигацию (ГЛОНАСС/GPS с RTK-коррекцией), инерциальные системы, а также оптические и радиолокационные корреляторы рельефа.

Управление альтернативными беспилотными платформами должно

быть основано на таких алгоритмах, как:

- нейросетевые методы планирования траекторий;
- использование систем искусственного интеллекта для группового взаимодействия;
- использование адаптивных систем компенсации внешних возмущений.

Практическая реализация беспилотных платформ была осуществлена при создании платформы «Тяжеловоз-М». При грузоподъемности в 50 тонн и автономности работы в 72 часа точность позиционирования данной платформы составила  $\pm 5$  см.

Таблица 2. Результаты испытаний платформы «Тяжеловоз-М»

Параметр	Лабораторные условия	Полевые испытания
Точность установки	$\pm 1$ см	$\pm 8$ см
Время перегрузки	15 мин	25 мин
Устойчивость к помехам	99,9%	97,2%

После проведения испытаний данной платформы были определены следующие перспективы развития и направления совершенствования данного альтернативного способа перегрузки:

- повышение точности до  $\pm 2$  см в полевых условиях;
- увеличение автономности до 120 часов;
- разработка унифицированных интерфейсов для различных типов грузов.

Если говорить о инновационных концепциях, то здесь следует выделить:

- использование квантовых сенсоров для навигации;
- применение метаматериалов для адаптивного шасси;
- использование системы беспроводной передачи энергии.

Разработка легких и прочных конструкций для перегрузочных систем позволит увеличить их мобильность и грузоподъемность.

Современные требования к мобильности и оперативности перегрузки стратегических ракет выдвигают новые задачи перед конструкторами перегрузочных систем. Традиционные металлические конструкции, обладая высокой прочностью, значительно увеличивают массу оборудования, что снижает мобильность и увеличивает временные затраты на развертывание. Применение композитных материалов позволяет решить эти проблемы, предлагая уникальное сочетание: высокой удельной прочности, коррозионной стойкости, сниженной массы конструкции и возможности интеграции дополнительных функций.

Таблица 3. Классификация применяемых современных материалов для перегрузочных работ

Тип композита	Плотность (г/см <sup>3</sup> )	Предел прочности (МПа)	Температурный диапазон (°С)
Углепластики	1,5-1,8	800-1500	-60..+180
Бороалюминий	2,5-2,7	1200-1600	-70..+450
Стеклопластики	1,8-2,1	500-1000	-50..+120
Органопластики	1,3-1,6	400-800	-100..+150

В результате применения композитных материалов при создании перегрузочных систем на лицо такие преимущества, как: снижение массы на 30-50% по сравнению с металлическими аналогами; возможность создания сложных пространственных конструкций; высокая усталостная прочность; стойкость к агрессивным средам.

Конструктивные решения перегрузочных систем при использовании композитов заключаются в создании из них: несущих конструкций (телескопических стрел, опорных рам, поворотных платформ); грузозахватных устройств (композитных траверс, адаптивных захватов, силовых приводов) и транспортных модулей (облегченных шасси, кузовных панелей, элементов подвески).

Если говорить о методах изготовления вышеперечисленных элементов, то это: вакуумная инфузия, автоклавное формование, намотка волокон и аддитивные технологии. Ремонтные же работы основаны на холодном склеивании и термореактивном ремонте.

При эксплуатации мониторинг состояния элементов может осуществляться с использованием методов неразрушающего контроля: акустическая эмиссия и термография. Применение композитных материалов в перегрузочных системах для стратегических ракет позволяет значительно повысить эксплуатационные характеристики оборудования. Основные преимущества включают:

- снижение массы на 30-50%;
- увеличение срока службы;
- повышение коррозионной стойкости;
- возможность интеграции дополнительных функций.

Примером реализованных проектов явилось создание такой перегрузочной системы, как «Мобильный перегрузчик МПК-12». В результате применения композитных материалов при грузоподъемности в 25 тонн масса перегрузчика была снижена на 40%, а срок службы увеличен в 1,8 раза.

Перспективными направлениями при использовании композитных

материалов являются: применение инновационных материалов (нанокompозитов с углеродными нанотрубками, самовосстанавливающихся полимеров, метаматериалов с регулируемыми свойствами, а также конструктивные усовершенствования (бионические структуры, адаптивные конструкции с изменяемой жесткостью, интегрированные системы энергогенерации).

Моделирование процессов перегрузки в виртуальной среде поможет оптимизировать алгоритмы управления и минимизировать риски. Современные требования к безопасности и эффективности перегрузки стратегических ракет обуславливают необходимость внедрения инновационных подходов к проектированию и эксплуатации перегрузочных систем. Технология цифровых двойников (ЦД) представляет собой перспективное решение, позволяющее:

- создать точную виртуальную копию физической системы;
- обрабатывать различные сценарии перегрузки;
- оптимизировать алгоритмы управления;
- минимизировать человеческий фактор;
- снизить риски повреждения груза.

Ожидаемые результаты при применении технологии ЦД:

- достижение точности позиционирования  $\pm 2$  см;
- автоматическая адаптация к новым типам грузов;
- полная автономность перегрузочных операций;
- снижение количества аварийных ситуаций;
- оптимизация временных показателей.

Таблица 4. Многоуровневая структура модели (ЦД)

Уровень модели	Компоненты	Функционал
Физический	3D-модель оборудования	Визуализация, коллизии
Динамический	Математические модели механики	Расчет нагрузок, деформаций
Логистический	Алгоритмы управления	Оптимизация траекторий
Окружающей среды	Модель внешних условий	Учет ветра, осадков, рельефа

Источниками данных для ЦД должны служить: САД-модели оборудования, данные датчиков реальных систем, исторические данные о перегрузках и метеорологические сводки. Для оптимизации алгоритмов управления необходимо использовать нейросетевые алгоритмы для прогнозирования динамики, генетические алгоритмы поиска оптимальных

траекторий и обучение с подкреплением для адаптивного управления. Примерами оптимизации являются такие показатели, как: снижение колебаний груза (точность стабилизации:  $\pm 2$  см, время затухания колебаний < 5 сек) и оптимизация энергопотребления (экономия энергии: до 15%, снижение пиковых нагрузок: до 20%).

Немаловажным фактором при эксплуатации любой технической системы является минимизация рисков через виртуальное моделирование. В частности это: анализ критических сценариев, отказ отдельных компонентов, экстремальные погодные условия и человеческий фактор.

Таблица 5 Статистика эффективности при применении ЦД

Параметр	До внедрения ЦД	После внедрения ЦД
Количество инцидентов	1.2 на 100 операций	0.15 на 100 операций
Время перегрузки	45 $\pm$ 8 мин	32 $\pm$ 3 мин
Точность позиционирования	$\pm 15$ см	$\pm 5$ см

Практическая реализация внедрения цифровых двойников была проведена при создании цифрового двойника комплекса «Перевозчик-М». По её результатам была произведена полная цифровая реплика системы со 120-тью параметрами мониторинга в реальном времени, а количество аварийных случаев снизилось на 78%. Этот результат был достигнут в результате интеграции с промышленным интернетом на основе онлайн-мониторинга состояния оборудования, предиктивной аналитики для обслуживания и автоматической корректировки алгоритмов.

Направления совершенствования способа внедрения цифровых двойников:

- квантовое моделирование сложных динамических систем;
- цифровые тени для всего жизненного цикла ракеты;
- децентрализованные системы управления на блокчейне.

Ожидаемые результаты при внедрении цифровых двойников: достижение точности позиционирования  $\pm 2$  см, автоматическая адаптация к новым типам грузов, полная автономность перегрузочных операций, снижение количества аварийных ситуаций и оптимизация временных показателей.

Интеграция беспилотных транспортных платформ в системы перегрузки ракет стратегического назначения открывает новые возможности для создания мобильных автономных комплексов. Дальнейшее развитие технологий искусственного интеллекта, новых материалов и альтернативных источников энергии позволит создать системы следующего поколения, способные выполнять сложные перегрузочные операции в любых условиях.

Дальнейшее развитие технологий производства композитов и методов проектирования позволит создать новое поколение перегрузочных систем с уникальными характеристиками.

Внедрение цифровых двойников в процессы бескрановой перегрузки стратегических ракет позволяет достичь принципиально нового уровня безопасности и эффективности. Ключевые преимущества технологии включают в себя повышение точности операций и возможность удаленного контроля и управления.

Перспективное развитие методов машинного обучения и интеграции с промышленным интернетом откроет новые перспективы для создания полностью автономных перегрузочных комплексов следующего поколения.

Таким образом, бескрановая перегрузка ракет стратегического назначения представляет собой перспективное направление, способное значительно повысить эффективность эксплуатации ракетных комплексов.

#### **Использованные источники:**

1. ГОСТ Р 57700.37-2021 "Цифровые двойники. Основные положения".
2. Материалы международной конференции "Цифровизация оборонного комплекса", - 2024.
3. Иванов А. В. Автоматизированные системы перегрузки ракетно-космической техники. - М.: Воениздат, - 2022.
4. Петров С. К. Роботизированные комплексы в военной логистике. - СПб, Политехника, - 2023.

# ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИКА

УДК 371.315

*Бабакова Е.Н.*  
*педагог-психолог*  
*МБОУ «Гимназия №22»*  
*Россия, г.Белгород*  
*Мещаненко Е.Н.*  
*педагог-психолог*  
*МБОУ «Гимназия №22»*  
*Россия, г.Белгород*

## АДАПТАЦИЯ РЕБЕНКА К ШКОЛЕ: РЕКОМЕНДАЦИИ ПСИХОЛОГА

*Аннотация:* В данной статье важные моменты адаптации первоклассников к новой ситуации – адаптации к школе. Даны рекомендации родителям, как пройти данный период наиболее безболезненно. Приведены практические игры для детей и родителей.

*Ключевые слова:* Адаптация, школа, учебный год, режим дня, эмоциональное состояние, игра.

*Babakova E.N.*  
*educational psychologist,*  
*MBOU "Gymnasium No. 22"*  
*Russia, Belgorod*  
*Meshchanenko E.N.*  
*educational psychologist,*  
*MBOU "Gymnasium No. 22"*  
*Russia, Belgorod*

## CHILD'S ADAPTATION TO SCHOOL: PSYCHOLOGIST'S RECOMMENDATIONS

*Summary:* This article contains important moments of adaptation of first graders to a new situation - adaptation to school. Recommendations are given to parents on how to go through this period most painlessly. Practical games for children and parents are presented.

*Keywords:* Adaptation, school, school year, day mode, emotional state, game.

Начало учебного года — волнительный этап для всей семьи. Родители переживают: как ребёнок справится с новой нагрузкой, найдёт ли друзей, понравится ли ему учитель? А у самих детей это время связано с большим

количеством изменений: новый режим, правила, коллектив. Всё это требует адаптации, и чем лучше семья подготовится, тем спокойнее пройдёт переход.

Прежде чем думать об учебниках и портфеле, важно позаботиться о базовых потребностях ребёнка:

1. Сон и режим дня. Перестраивать расписание стоит заранее — постепенно приучать вставать и ложиться раньше. Так к началу учебного года утренние подъёмы будут даваться легче.

2. Питание. Сбалансированный рацион помогает справляться с нагрузкой. Добавляйте больше овощей, фруктов, продуктов, богатых витаминами и медленными углеводами.

3. Эмоциональное состояние. Положительные впечатления и спокойные совместные вечера — лучшее «топливо» для психики ребёнка перед новым этапом.

Школьная жизнь требует от ребёнка не только знаний, но и целого набора личностных и социальных навыков.

1. Эмоциональная грамотность. Учите ребёнка замечать и называть свои чувства: «Я злюсь», «Мне грустно», «Я радуюсь». Это снижает уровень напряжения и помогает справляться с конфликтами.

2. Самостоятельность. Простые бытовые навыки — умыться, причесаться, одеться — формируют уверенность в себе и уменьшают стресс.

3. Навыки общения. Умение попросить о помощи, договориться или отстоять свои границы станет важным ресурсом в коллективе.

Игра — лучший способ подготовить ребёнка к новой реальности. Она помогает снизить тревогу и делает непонятное понятным.

1. «Игра в школу». С игрушками или вместе с вами ребёнок проигрывает основные ситуации: урок, перемена, общение с учителем. Меняйтесь ролями — это помогает лучше понять других участников школьной жизни.

2. «Собираем портфель». Пусть ребёнок сам проверяет список и собирает вещи. Можно ввести элемент соревнования с таймером.

3. Учимся одеваться в форму. Попробуйте заранее «тренировочные сборы». Это превратит привычку в игру и снизит утренние стрессы.

Если ребёнок боится школы, важно не игнорировать его переживания. Один из мягких способов — нарисовать свой страх. После этого вы можете обсудить рисунок: что чувствует этот страх, что он хочет сказать. Поблагодарите его за то, что он предупреждает ребёнка об опасности. Когда эмоции признаются, они перестают быть пугающими.

Важные моменты, о которых стоит помнить:

- Каждый ребёнок проходит адаптацию по-разному. Более чувствительные дети (особенно те, кто не ходил в сад) могут привыкать дольше.

- Важно подобрать учителя, подходящего по характеру: активному ребёнку нужен энергичный педагог, а спокойному и чувствительному — учитель более мягкий и неавторитарный.

- Первые полгода — самые важные. Обращайте внимание на перемены в настроении, отказ идти в школу или делать уроки. Это может быть сигналом, что ребёнку трудно.

- Не бойтесь общаться с учителем: он может не замечать нюансов, ведь у него много учеников.

- Постепенно приучайте ребёнка к самостоятельному выполнению уроков и сбору портфеля. Гораздо ценнее, чтобы он сделал это сам, пусть даже с ошибками, чем идеально при вашей полной помощи.

- Чаще хвалите! Используйте правило «зелёной ручки» — отмечайте то, что получилось, а не ошибки.

Иногда даже при хорошей подготовке адаптация даётся непросто. В этом случае можно обратиться за помощью к школьному или детскому психологу.

Главное — помнить: адаптация к школе — это процесс, а не момент. Дайте себе и ребёнку время, внимание и заботу.

#### **Использованные источники:**

1. Цукерман, Г. А. Введение в школьную жизнь : программа адаптации детей к школе / Г. А. Цукерман, К. Н. Поливанова. - 2-е изд., испр. - М. : Генезис, 2003. - 123 с. – Текст : непосредственный.
2. Ермакова, И. Адаптация первоклассников к школе / И. Ермакова, О. Даниленко. – Текст : непосредственный// Народное образование . - 2008. - № 5. - С. 157-165.
3. Лосев, П. Н. Психолого-педагогический анализ особенностей адаптации первоклассников к школе / П. Н. Лосев, С. В. Дейс. – Текст : непосредственный // Начальная школа. - 2005. - №8. - С. 51 - 55.

*Ганеева Е.Н.*

*педагог-психолог*

*МБОУ «СОШ №24»*

*Россия, г. Белгород*

*Киселева Е.В.*

*учитель-дефектолог*

*МБОУ «Гимназия №22»*

*Россия, г. Белгород*

*Синюгина Д.А.*

*учитель-логопед*

*МБОУ «Гимназия №5»*

*Россия, г. Белгород*

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУКОЛЬНОГО ТЕАТРА  
СПЕЦИАЛИСТАМИ СЛУЖБЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ НА  
КОРРЕКЦИОННО -РАЗВИВАЮЩИХ ЗАНЯТИЯХ ДЛЯ  
ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ  
ЗДОРОВЬЯ**

*Аннотация:* В данной статье описано одно из направлений работы с обучающимися, имеющими ограниченные возможности здоровья - кукольный театр. Рассмотрены проблемы, которые специалисты сопровождения могут решить посредством использования на коррекционно-развивающих занятиях элементов театральной деятельности.

*Ключевые слова:* Коррекционно-развивающие занятия, театральная деятельность, творческий потенциал, кукольный театр.

*Gapeeva E.N.*

*educational psychologist*

*MBOU "Secondary School No.24"*

*Russia, Belgorod*

*Kiselyova E.V.*

*teacher-defectologist*

*MBOU "Gymnasium No. 22"*

*Russia, Belgorod*

*Sinyugina D.F.*

*teacher- logopedist*

*MBOU "Gymnasium No. 5"*

*Russia, Belgorod*

**FEATURES OF USING A PUPPET THEATRE BY SUPPORT  
SERVICES SPECIALISTS IN CORRECTIONAL AND  
DEVELOPMENTAL CLASSES FOR STUDENTS WITH DISABILITIES**

***Summary:** This article describes one of the areas of work with students with disabilities - Puppet Theater. It discusses the problems that support specialists can solve by using elements of theatrical activity in correctional and developmental classes.*

***Keywords:** Correctional and developmental classes, theatrical activities, creative potential, and Puppet Theater.*

В школах с каждым годом увеличивается количество детей с ОВЗ. В связи с чем встает необходимость в социализации, развитие коммуникативных навыков и повышении самооценки таких учащихся.

Театр — один из самых демократичных и доступных видов искусства для детей, он позволяет решить многие актуальные проблемы современной психологии, связанные с художественным образованием и воспитанием детей; формированием эстетического вкуса; нравственным воспитанием; развитием коммуникативных качеств личности (обучением вербальным и невербальным видам общения); воспитанием воли, развитием памяти, воображения, инициативности, фантазии, речи (диалога и монолога); созданием положительного эмоционального настроя, снятием напряженности, решением конфликтных ситуаций через игру.

Использование кукольный театра на коррекционно-развивающих занятиях позволяет воздействовать на детей целым комплексом художественных средств. При участии в спектакле кукольного театра применяются и художественное слово, и наглядный образ – кукла, и живописно-декоративное оформление, и музыка – песня, музыкальное сопровождение.

Участие в такого рода занятиях позволит детям с ОВЗ раскрыть свой творческий потенциал, повысить свой социальный статус в коллективе сверстников, раскрепоститься и осознать свою значимость, сформировать навыки сотрудничества, творчества, эмоциональной гибкости, коммуникативности, самопрезентации, самореализации через занятия, постановку спектаклей.

Обучающиеся как в роли актеров, так и зрителей получают целый комплекс средств воздействия: художественные образы - персонажи, оформление и музыка - все это вместе взято в силу образно - конкретного мышления младшего школьника помогает ребенку легче, ярче и правильнее понять содержание литературного произведения, влияет на развитие его художественного вкуса.

Младшие школьники очень впечатлительны и быстро поддаются эмоциональному воздействию. Они активно включаются в действие, отвечают на вопросы, задаваемые куклами, охотно выполняют их поручения, дают им советы, предупреждают об опасности. Эмоционально пережитый спектакль помогает определить отношение детей к действующим лицам и их поступкам, вызывает желание подражать положительным героям и быть непохожими на

отрицательных. Увиденное в театре расширяет кругозор обучающихся с ОВЗ и надолго остается у них в памяти: они делятся впечатлениями с товарищами, рассказывают о спектакле родителям. Такие разговоры и рассказы способствуют развитию речи и умению выразить свои чувства.

Как показала практика, применение элементов театральной деятельности для обучающихся с ОВЗ позволяет им в короткие сроки стать более раскрепощенными, общительными, готовыми к творческой деятельности в любой области.

#### **Использованные источники:**

- 1) Сорокина Н. Ф. Кукольный театр для детей с ОВЗ: кукольный театр и речевые развивающие игры-занятия для детей с ограниченными возможностями здоровья любого возраста (в семье и детском саду) / Н. Ф. Сорокина, Е. В. Степанова, 2020. - 132 с.
- 2) Организация деятельности театра для детей с ОВЗ: методические рекомендации / Составители: Е. В. Баутина, И. И. Чулкова. – Абакан: Издательство ГАОУ РХ ДПО «ХакИРОиПК» «РОСА». – 28 с.

*Киселева Е. В.*  
*учитель-логопед*  
*учитель-дефектолог*  
*МБОУ «Гимназия №22»*  
*Россия, г. Белгород*  
*Михайлюкова К. Ф.*  
*учитель-логопед*  
*учитель-дефектолог*  
*МБОУ «Гимназия №2»*  
*Россия, г. Белгород*

### **ФОРМЫ И МЕТОДЫ РАБОТЫ СПЕЦИАЛИСТОВ СОПРОВОЖДЕНИЯ С РОДИТЕЛЯМИ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

*Аннотация:* В данной статье освещены вопросы работы специалистов сопровождения школы с родителями обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. Рассмотрены аспекты актуальности в работе по взаимодействию с родителями детей с ОВЗ.

*Ключевые слова:* Инклюзивное образование, анкетирование, беседа, консультация, семинар-практикум, занятие.

*Kiselyova E.V.*  
*teacher-logopedist,*  
*teacher-defectologist,*  
*MBOU "Gymnasium No. 22"*  
*Russia, Belgorod*  
*Mikhailyukova K.F.*  
*teacher-logopedist,*  
*teacher-defectologist,*  
*MBOU "Gymnasium No. 2"*  
*Russia, Belgorod*

### **FORMS AND METHODS OF WORKING WITH PARENTS OF STUDENTS WITH DISABILITIES**

*Summary:* This article highlights the work of school support specialists with parents of students with disabilities. It discusses the relevance of working with parents of children with disabilities.

*Keywords:* Inclusive education, questionnaires, interviews, consultations, workshops, and classes.

В настоящее время работа с обучающимися с ограниченными возможностями здоровья предполагает создание специальных условий обучения и воспитания, которые учитывают индивидуальные особенности каждого ребенка и способствуют коррекции нарушений.

Дети, с ограниченными возможностями здоровья- это дети, которые нуждаются в получении специальной психолого-педагогической помощи и создания специальных условий обучения и воспитания. Работу по сопровождению детей данной категории в школе осуществляют учителя-логопеды, педагоги-психологи, учителя-дефектологи.

При этом успешность коррекционно-развивающей работы предполагает активное участие родителей. Важными аспектами по вопросам взаимодействия с родителями являются: оказание квалифицированной поддержки родителям (социально-правовую, психолого-педагогическую); помощь близким взрослым в создании комфортной для развития ребенка среды в семье; создание условий для активного участия родителей в воспитании и обучении ребенка; формирование адекватных взаимоотношений между родителями и их детьми.

Основными формами работы с родителями обучающихся с ограниченными возможностями здоровья являются:

- лекционно-просветительская работа, которая включает беседы, консультации с целью ознакомления с коррекционно-развивающей деятельностью специалистов и повышения образовательного уровня родителей;

- практические занятия для родителей (подгрупповые и индивидуальные занятия с родителями) включают в себя семинары-практикумы, беседы. Данная форма работы способствует созданию хорошего контакта между родителями и педагогами. Помогают больше узнать об укладе семьи, оказать помощь там, где она больше всего нужна, побуждает родителей серьезно присматриваться к своим детям, выявлять черты их характера, находить пути по их лучшему обучению;

- подгрупповые и индивидуальные занятия, которые проходят совместно с родителями, ребенком и педагогом. Их целью является активное включение родителя в учебный процесс. Во время занятия родители видят успехи или затруднения своего ребенка, находят совместно пути решения.

Таким образом, взаимодействия педагога и родителей позволяет оказывать квалифицированную педагогическую поддержку родителям, повышать их педагогическую культуру, привлекать семью к коррекционно-развивающей работе, информировать родителей о проведенных занятиях, предлагать задания для закрепления изученного материала.

Педагогам важно доверять родителям, создавать условия для их активного участия в воспитании и обучении ребенка, прислушиваться к родителям, быть терпеливыми и корректными, уверенными и последовательными.

**Использованные источники:**

1. Мастюкова Е. М., Московкина А. Г. Семейное воспитание детей с отклонениями в развитии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. В. И. Селиверстова. - М.: ВЛАДОС, 2003.
2. Ткачева В.В. Консультирование семьи, воспитывающей ребёнка с отклонениями в развитии / В. В. Ткачева // Обучение и воспитание детей с нарушениями в развитии. – 2004-№2.

*Корнаухова Т. Н.  
учитель-логопед*

*МБОУ «СОШ №39»*

*Россия, г. Белгород*

*Киселева Е. В.*

*учитель-логопед*

*МБОУ «Гимназия №22»*

*Россия, г. Белгород*

*Михайлюкова К. Ф.*

*учитель-логопед*

*МБОУ «Гимназия №2»*

*Россия, г. Белгород*

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЛЕКСИКО-ГРАММАТИЧЕСКОГО СТРОЯ РЕЧИ У ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОБЩИМ НЕДОРАЗВИТИЕМ РЕЧИ**

*Аннотация:* В данной статье рассмотрены особенности развития лексико-грамматического строя речи у обучающихся с ОНР. Описаны нарушения морфологической системы языка у детей, своеобразие овладения лексико-грамматическим строем речи детьми с общим недоразвитием речи.

*Ключевые слова:* Грамматический строй речи, морфологические системы языка, окказиональные формы, словоизменения.

*Kornaukhova T. N.*

*teacher-logopedist*

*MBOU "Secondary school No. 39"*

*Russia, Belgorod*

*Kiselyova E.V.*

*teacher-logopedist*

*MBOU "Gymnasium No. 22"*

*Russia, Belgorod*

*Mikhailukova K. F.*

*teacher-logopedist*

*MBOU "Gymnasium No. 22"*

*Russia, Belgorod*

## **FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE LEXICAL AND GRAMMATICAL STRUCTURE OF SPEECH IN STUDENTS WITH GENERAL SPEECH UNDERDEVELOPMENT**

*Summary:* This article discusses the features of the development of the lexical and grammatical structure of speech in students with general speech

*underdevelopment. It describes the disorders of the morphological system of language in children and the peculiarities of mastering the lexical and grammatical structure of speech by children with general speech underdevelopment.*

**Keywords:** *Grammatical structure of speech, morphological systems of the language, occasional forms, and inflection.*

Анализ развития лексико-грамматического строя речи при нормальном и нарушенном речевом развитии представлен в работах Р. И. Лалаевой, Н. В. Серебряковой. Авторы подробно описывают нарушения лексики у детей с ОНР, отмечая ограниченность словарного запаса, расхождение объема активного и пассивного словаря, неточное употребление слов, вербальные парафазии.

Одной из выраженных особенностей речи, обучающихся с ОНР является расхождение в объеме пассивного и активного словаря: дети понимают значение многих слов, объем их пассивного словаря достаточен, но употребление слов в речи сильно затруднено. Бедность активного словаря проявляется в неточном произнесении многих слов – названий ягод, цветов, диких животных, птиц, инструментов, профессий, частей тела и лица. Трудно усваиваются слова, имеющие обобщенное значение, и слова, обозначающие оценку, состояние, качество и признак предмета.

При общем недоразвитии речи формирование грамматического строя речи происходит с большими трудностями, чем овладение активным и пассивным словарём. Это обусловлено тем, что грамматические значения всегда более абстрактны, чем лексические, а грамматическая система языка организована на основе большого количества языковых правил.

Нарушения грамматического строя речи, при её общем недоразвитии, обусловлены несформированностью у детей морфологических и синтаксических обобщений, отсутствием тех языковых операций, в процессе которых происходит грамматическое конструирование, выбор определённых языковых единиц и элементов из закреплённой в сознании ребёнка парадигмы и их объединении в определённые синтагматические структуры.

Выделяют следующие нарушения морфологической системы языка у детей с ОНР. Это неправильное употребление: окончаний имен существительных, местоимений, прилагательных; падежных и родовых окончаний количественных числительных; личных окончаний глаголов; окончаний глаголов в прошедшем времени; предложно-падежных конструкций. Овладение морфологической системой языка предполагает многообразную интеллектуальную деятельность ребёнка: он должен научиться сравнивать слова по значению и звучанию, определять их различие, осознавать изменения в значении, соотносить изменения в звучании с изменением его значения, выделять элементы, за счёт которых происходит изменение значения, устанавливать связь между оттенком значения или различными грамматическими значениями и элементами слов (морфемами).

Основной механизм морфологических аграмматизмов заключается в

трудностях выделения морфемы, соотнесения значения морфемы с её звуковым образом.

В процессе овладения практической грамматикой в речи детей появляются разнообразные аграмматизмы, так называемые окказиональные формы. Основным речевым механизмом окказионализмов является «гипергенерализация», т.е. излишнее обобщение наиболее частотных форм, формообразования по аналогии с продуктивными формами. При этом основной тенденцией, появляющейся при словоизменении, можно считать унификацию основы в парадигме словоизменения.

С. Н. Цейтлин выделяет следующие виды окказионализмов при формообразовании: унификация места ударного слога, т.е. закрепление ударения за определённым слогом в слове; устранение беглости гласных (левы, пени, молотком, кусоки); игнорирование чередований конечных согласных (ухи, текет, бегет, соседы); устранение наращения или изменения суффиксов (друг – други, ком – комы, стул – стулы); отсутствие супплетивизма при формообразовании (человек – человеки, ребёнок – ребёнки, лошадь – лошадёнки).

Среди форм словоизменения у детей с общим недоразвитием речи наибольшие затруднения вызывают предложно-падежные конструкции существительных, падежные окончания существительных множественного числа, изменения глаголов прошедшего времени по родам, согласование прилагательного с существительным в роде, числе и падеже.

У обучающихся с общим недоразвитием речи отмечается и нарушение формирования синтаксической структуры предложения. Нарушения синтаксической структуры предложения выражается в пропуске членов предложения, неправильном порядке слов, отсутствии сложноподчиненных конструкций.

Таким образом, мы рассмотрели особенности развития лексико-грамматического строя речи у обучающихся с ОНР. Своеобразие овладения лексико-грамматическим строем речи детьми с ОНР проявляется в более медленном темпе усвоения, в дисгармонии развития морфологической и синтаксической систем языка, семантических и формально-языковых компонентов, в искажении общей картины речевого развития, наблюдается нарушение в овладении как морфологическими, так и синтаксическими единицами. У детей с ОНР наблюдаются затруднения как в выборе грамматических средств для выражения мыслей, так и в их комбинировании.

#### **Использованные источники:**

- 1) Комплексная коррекция трудностей обучения в школе / К-637 под ред. Ж. М. Глозман, А. Е. Соболевой. — М.: Смысл, 2014. — 544 с.
- 2) Серебрякова Н. В. Особенности понимания сложных логико-грамматических конструкций у дошкольников со стертой дизартрией / Н. В. Серебрякова // Популярная логопедия -2012.- №2.

УДК 371.315

*Мещаненко Е.Н.  
педагог-психолог  
МБОУ «Гимназия №22»  
Россия, г.Белгород  
Бабакова Е.Н.  
педагог-психолог  
МБОУ «Гимназия №22»  
Россия, г.Белгород*

## **КАК ПСИХОЛОГУ НАУЧИТЬ ПЕДАГОГОВ НЕДОПУЩЕНИЮ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ ИЛИ БЫСТРОМУ ИХ РАЗРЕШЕНИЮ**

*Аннотация:* В данной статье описано практическое занятие психолога с педагогами по развитию навыков предотвращения и быстрого беспроблемного выхода из конфликтной ситуации.

*Ключевые слова:* Конфликт, педагог, избегание, конкуренция, сопротивление, сотрудничество, компромисс, разрешение

*Meshchanenko E.N.  
educational psychologist,  
MBOU "Gymnasium No. 22"  
Russia, Belgorod  
Babakova E.N.  
educational psychologist,  
MBOU "Gymnasium No. 22"  
Russia, Belgorod*

## **HOW TO TEACH TEACHERS TO PREVENT CONFLICTS OR RESOLVE THEM QUICKLY**

*Summary:* This article describes a practical session for psychologists and educators on developing skills for preventing and quickly resolving conflicts.

*Keywords:* Conflict, teacher, avoidance, competition, resistance, cooperation, compromise, resolution

## Структура практического занятия

Этап	Методы и формы	Ожидаемые результаты
1. Введение	Упр «Яблоко и червячок»	понимать цели занятия
2. Определение понятий	теория, примеры конфликтных ситуаций «кл.рук – ребенок»	информация: понятие «конфликт», стратегии выхода из конфликта
3. Основная часть	работа в группах Разрешение конфликта, исходя из своей стратегии	выполнение тренинговых упражнений и пути решения в некоторых педагогических конфликтах
4. Решение проблемы	Работа по парам Упр.«Достойный ответ», «Нахал»	выполнение тренинговых упражнений
5. Оформление результатов. Рефлексия	Совместная работа	ватман (проблема – пути решения)

Упражнение «Яблоко и червячок» (мягко и спокойно):

Сядьте поудобнее, закройте глаза и представьте на минуту, будто вы — яблоко. Спелое, сочное, красивое, ароматное, наливное яблоко, которое живописно висит на веточке. Все любят вас, восхищаются. Вдруг, откуда ни возьмись, подползает к вам червяк и говорит: «Сейчас я тебя буду есть!». Что бы вы ответили червяку? Откройте глаза и запишите свой ответ.

Давайте вспомним (приведем примеры конфликтных ситуаций из жизни классного руководителя и учеников)...( на доске – к ним вернемся позже)

Как бы нам не хотелось этого, едва ли возможно представить и, тем более, осуществить совершенно бесконфликтное взаимодействие между людьми. Поэтому очень важно грамотно выбрать стратегию поведения в конфликтной ситуации и привести стороны к конструктивному соглашению.

**Всем нам известны пять основных способов выхода из конфликтной ситуации:**

- Конкуренция предполагает сосредоточение внимания только на своих интересах, полное игнорирование интересов партнера, стремление добиться своего.

- Избегание - уход от проблемы, стремление не вступать в конфликты, сглаживание противоречий, характеризуется отсутствием внимания, как к своим интересам, так и к интересам партнера

- Компромисс — достижение «половинчатой» выгоды каждой стороны, взаимные уступки

• Приспособление – ущемление своих интересов, предполагает повышенное внимание к интересам другого человека в ущерб собственным.

• Сотрудничество является стратегией, позволяющей учесть интересы обеих сторон, решение удовлетворяет обе стороны.

А теперь давайте вернемся к нашим ответам на листочках, прочитаем их и попробуем определить какую стратегию мы использовали.

А теперь поработаем по группам. Давайте выберем одну из конфликтных ситуаций, которые мы обозначали на доске. Каждая из групп, исходя из своей стратегии предложит вариант разрешения конфликтной ситуации (2 мин. на подготовку). Можно проиграть ситуацию, можно проговорить. Готовы? Каждая группа представляет свою ситуацию, а все остальные отмечают «+» и «-» этой стратегии. (на ватмане).

Исходя из того, что сказали, давайте попробуем прописать как вести себя в конфликтной ситуации достойно, как грамотно разрешить конфликт....(на ватмане).

Можно обозначить все то, что мы проговорили народной мудростью «В споре побеждает не тот, кто горячится, а тот, кто думает».

80% конфликтов возникают помимо желания участников его создать. Происходит это из-за особенностей человеческой психики, о которых большинство людей просто не знает. Поэтому существует еще один способ решения нашей проблемы – не допустить

Упражнение «Достойный ответ»

Цель: обучить навыкам недопущения конфликтных ситуаций.

Педагог: «Сядьте в круг. Каждому я раздам карточку, на которой написано какое-либо замечание по поводу внешности или поведения одного из участников. Затем вы по кругу (по очереди) произносите записанную на карточку фразу, глядя в глаза соседу справа. Задача слушателя – достойно ответить на этот «выпад».

После завершения упражнения обсудите, какие выводы сделали. Легко ли было выполнять задание и принимали ли они близко к сердцу нелестное замечание о себе. Легко ли спокойно реагировать в подобных ситуациях? Можно ли полученный в ходе упражнения опыт применить в реальных ситуациях?

И в завершении давайте попробуем обозначить основные моменты недопущения или легкого разрешения конфликтных ситуаций (на ватмане) и дадим обратную связь.

#### **Использованные источники:**

1. Григорьева Т.Г., Усольцева Т.П. Основы конструктивного общения. Хрестоматия. 2-е изд. – Новосибирск.1999.
2. Ликсон Ч. Конфликт. Семь шагов к миру. – С-Пб.: Питер Паблишинг, 1997.
3. Моница Г.Б., Лютова-Робертс Е.К. Как я разрешаю конфликты с ... . – С-Пб.: Речь, 2006.

*Михайлюкова К. Ф.*

*учитель-логопед*

*МБОУ «Гимназия №2»*

*Россия, г. Белгород*

*Киселева Е. В.*

*учитель-логопед,*

*МБОУ «Гимназия №22»*

*Россия, г. Белгород*

*Корнаухова Т. Н.*

*учитель-логопед*

*МБОУ «СОШ №39»*

*Россия, г. Белгород*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАВЫКА ЧТЕНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ С ТЯЖЕЛЫМИ НАРУШЕНИЯМИ РЕЧИ**

*Аннотация:* В данной статье представлены приемы, способствующие совершенствованию навыка чтения у младших школьников с тяжелыми нарушениями речи.

*Использование игровых упражнений, описанные в статье, оказывает положительное влияние на развитие внимания, зрительной памяти у обучающихся с нарушениями речи, поддерживают положительную мотивацию к чтению.*

*Ключевые слова:* Методы, приемы, способы обучения, младшие школьники, коррекционно- развивающая работа.

*Mikhailukova K. F.*

*teacher-logopedist,*

*MBOU "Gymnasium No. 22"*

*Russia, Belgorod*

*Kiselyova E.V.*

*teacher-logopedist,*

*MBOU "Gymnasium No. 22"*

*Russia, Belgorod*

*Kornaukhova T. N.*

*teacher-logopedist,*

*MBOU "Secondary school No. 39"*

*Russia, Belgorod*

## **IMPROVING READING SKILLS IN SCHOOLCHILDREN WITH SEVERE SPEECH DISORDERS**

*Abstract:* This article presents techniques that help improve reading skills in primary school students with severe speech impairments.

*The use of game exercises described in the article has a positive effect on the development of attention, visual memory in students with speech impairments, and supports positive motivation for reading.*

**Keywords:** *Methods, techniques, and ways of teaching, junior schoolchildren, and correctional and developmental work.*

Для выработки навыка правильного чтения необходимы многообразные упражнения на разных этапах работы с текстом, а также специальная работа, направленная на предупреждение ошибок и их своевременное исправление.

Тренировочные упражнения в чтении занимают большую часть коррекционно- развивающего занятия, ибо это основной путь, который ведет к выработке навыка правильного чтения:

1. Чтение текста по цепочке: предложения текста прочитываются поочередно. Чтение текста по абзацам, которые поочередно читают ученики.

2. Чтение по эстафете: дети сами называют одноклассника, который начинает чтение, а также тех, кто будет его продолжать.

3. Выборочное чтение: а) с опорой на иллюстрации; б) по вопросу учителя; в) с опорой на конкретное задание.

Для организации наблюдения за процессом чтения рекомендуются приемы:

1. Восприятие образца правильного и выразительного чтения.

2. Комбинированное чтение.

3. Сопряженное чтение.

Большую пользу приносят специальные упражнения, побуждающие детей к чтению вслух, заставляющие вдумчиво разбираться в читаемом материале. Положительное влияние оказывают также задания, требующие повторное чтение текста в целях более осознанного его восприятия (например, подбор материала для подтверждения правильности суждения, подготовка к пересказу, словесное рисование и т.д.). Педагогу необходимо заранее планировать работу на уроке таким образом, чтобы, выполняя различного вида упражнения, почти все учащиеся могли читать вслух.

Заметное влияние на беглость чтения оказывают упражнения, содействующие расширению поля чтения и развитию оперативной памяти. При этом отмечено, что активную заинтересованность школьников вызывают упражнения на скорость чтения, а также упражнения, содержащие специально оговоренные задания:

- чтение по времени: сначала для восприятия предлагается одно слово, состоящее из двух, затем из трех слогов, потом – два слова из 10-12 знаков.

- число слов увеличивается до трех-четырех; они даются в строку или в столбик, в конце может быть включено целое предложение.

1. Чтение «пирамидки»: сад, садик, садовник, палисадник.

«Пирамидку» лучше строить из слов произведения, которое ученикам знакомо (упражнение можно провести при проверке домашнего задания) можно также использовать текст нового рассказа (при подготовке к его

чтению) или раздать карточки для индивидуального восприятия.

2. Задания с целевой установкой: «Читаешь слово, смотри сразу на следующее за ним и постарайся его понять».

3. Чтение текста с пропущенными буквами в середине или в окончании слов.

4. Перемежающееся чтение текста в разных темпах – медленном, нормальном, быстром.

К методам формирования сознательного чтения относятся:

1. аналитическое чтение;

2. беседа по содержанию прочитанного; проблемная, обобщающая беседа;

3. детское иллюстрирование текста или его отдельных отрывков; показ действий персонажа на аппликации или макете;

4. выборочное чтение по заданной теме; составление картинного и словесного плана прочитанного; сопоставление текста с иллюстрациями, с художественной картиной; выполнение лексико-стилистических упражнений.

К смысловой стороне навыка чтения относится также выразительность, т.е. чтение с соблюдением грамматических и логических пауз, выделением логических ударений, изменением темпа и ритма в зависимости от смысла читаемого.

Перечисленные упражнения по овладению навыками сознательного, выразительного, беглого и правильного чтения, проводимые последовательно и постоянно, оказывают положительное влияние на развитие внимания и зрительной памяти детей с нарушением речи, формируют и поддерживают положительную мотивацию к чтению.

#### **Использованные источники:**

1. Зикеев А. Г. Развитие речи учащихся специальных образовательных учреждений. – М., 2000.

2. Егоров Т. Г. Психология овладения навыком чтения. – М., 1953.

3. Красильникова О. А. Развитие речи на уроках чтения / О.А. Красильникова, М.И.Никитина. – СПб., 2003.

4. Оморокова М. И. Совершенствование чтения младших школьников. – М., 1997.

*Пирманова Н.И., кандидат филологических наук  
доцент  
кафедра русского языка и методики преподавания русского языка  
Оренбургский государственный педагогический университет  
Россия, г. Оренбург*

## **РАЗВИТИЕ СВЯЗНОЙ РЕЧИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОБОСОБЛЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В 8 КЛАССЕ**

***Аннотация:** В статье рассматриваются методы формирования связной речи обучающихся 8 класса в процессе изучения обособленных приложений в средней школе. Предлагается система упражнений, направленных на развитие диалогических и монологических умений и навыков учащихся для совершенствования связной речи.*

***Ключевые слова:** связная речь школьников, обособленное приложение, упражнения.*

*Pirmanova N.I., Candidate of Philological Sciences  
Associate Professor  
Department of Russian Language and Methods of Teaching Russian  
Orenburg State Pedagogical University  
Russia, Orenburg*

## **DEVELOPMENT OF CONNECTED SPEECH OF STUDENTS WHEN STUDYING ISOLATED APPLICATIONS IN GRADE 8**

***Abstract:** The article examines methods of developing coherent speech in 8th grade students in the process of studying isolated applications in secondary school. A system of exercises aimed at developing dialogic and monologue skills and abilities of students to improve coherent speech is proposed.*

***Keywords:** coherent speech of schoolchildren, isolated application, exercises.*

Характеристика понятия «связная речь» изучается в работах известных психолингвистов, педагогов и методистов (Л.С. Выготский, С.Л. Рубинштейн, В.П. Глухов, А.А. Леонтьев, Н.И. Жинкин, Т.А. Ладыженская, Л.А. Введенская и др.). Современные подходы к методике развития связной речи обучающихся раскрываются в исследованиях М.А. Данилова, М.Н. Скаткина, Д.А. Садиловой и др., которые базируются на представлениях о данной методике, изложенных Н.Е. Богуславской, Т.А. Ладыженской, А.В. Текучевым, М.М. Разумовской и др.

Однако на современном этапе недостаточно изучен вопрос содержания системы работы по развитию связной речи обучающихся 8 класса при изучении обособленных приложений, что определило актуальность данного исследования.

Первое определение речи с позиции ее восприятия как психической функции было сформулировано Л.С. Выготским, представившим ее как способность общаться с помощью слов и фраз [1]. Так, Т.А. Ладыженская, рассматривая связную речь как методическое понятие, приводит его определение в трех значениях [2, с. 189]. Учёный отмечает, что связная речь тесно пересекается с терминами «высказывание» и «текст».

В рамках данной работы связная речь будет пониматься как сложная форма речевой деятельности, носящая характер последовательного систематического развернутого изложения, понимание которой обеспечивается ее предметным содержанием. Изложение в этом случае может включать любой результат связной речевой деятельности: от отдельного высказывания (предложения) до полноценного текста, которые являются отражением уровня сформированности связной речи в целом.

Развитие связной речи происходит только в процессе усвоения языка, как результата речевой деятельности, отражающего национальные особенности отдельного коллектива. Усвоение языка, в свою очередь, включает овладение его фонетической системой, познание особенностей изменения различных грамматических категорий слов и освоение моделей сочетаемости слов и построения предложений.

В данном исследовании рассмотрим методы формирования связной речи при изучении обособленных приложений в 8 классе.

Содержательный анализ современных школьных учебников показывает отсутствие достаточной устной диалогической практики обучающихся при изучении обособленных приложений.

Формирование у учащихся 8 класса навыков связной речи в процессе изучения обособленных приложений возможно с применением когнитивно-коммуникативного подхода, реализация которого, исходя из положений, сформулированных Ф.И. Буслаевым, К.Д. Ушинским и И.И. Срезневским, предполагает практикоориентированность обучения, ориентацию на личностно-индивидуальные особенности обучающихся и следование принципам системности, формирования творческого начала и активизации познавательной деятельности учеников путем применения интерактивных методов.

Ведущим методом обучения при формировании связной речи в процессе изучения обучающимися обособленных приложений является индуктивный метод. К методическим приёмам реализации данного метода относятся: наблюдение; языковая наглядность (языковые факты для анализа); приём языковой оппозиции (смешиваемые явления) для сопоставления, наблюдения; беседа на основе проблемных вопросов для определения значения и функций обособленных членов предложения; анализ состава предложений; графическая поддержка восприятия.

В практической деятельности в аспекте решения обозначенной проблемы мы предлагаем три группы упражнений: упражнения, направленные на активизацию и формирование новых знаний обучающихся;

упражнения на закрепление полученных знаний в диалогической речи - на уровне предложений и текста; упражнения на закрепление полученных знаний в монологической речи - на уровне предложений и текста (текста-описания, текста-пересказа и собственного рассказа).

Выполняя упражнения на активизацию и формирование новых знаний обучающихся по теме, используем поисковое чтение, задаем проблемные вопросы к предоставленному для анализа тексту, получая ответы от отдельных учащихся в устной форме, класс формулирует в тетрадях выводы на основе услышанных ответов, опираясь на определение понятия «Приложение», данное А.М. Пешковским (определение выведено на слайде презентации), выделяет основные признаки приложения.

В материалах упражнений на закрепление полученных знаний в диалогической речи обособленные приложения анализируются на уровне предложения и текста. Предложим учащимся ролевую игру. Ученики делятся на пары, получают карточки с короткими текстами. Задача учеников проанализировать текст, выделить в нем обособленные приложения и составить диалог на основе этого текста, интонационно выделяя обособленные приложения. Задача класса: определить, как отвечающие интонационно выделили обособленные приложения; правильную ли они выбрали интонацию для выделения этих приложений; какую интонацию стоило использовать и почему.

Блок упражнений на закрепление полученных знаний в монологической речи предусматривает изучение обособленных приложений на уровне предложения и на уровне текста. Для реализации межпредметных связей в учебном процессе рассматриваем тексты из программных художественных произведений. Анализируя изучаемое явление на уровне текста, рассматриваем разные виды текста: текст-описание (анализ представленной учителем иллюстрации и составление текста с включением обособленных приложений); текст-пересказ (вид работы: пунктуационный анализ предложенного текста, чтение текста и пересказ текста с использованием нужной интонации при выделении обособленных приложений); текст-рассказ (вид работы: составление собственного рассказа с использованием всех видов обособленных приложений на основе наглядной опоры - таблиц, схем и т.д.).

Таким образом, большая часть упражнений имеет творческий характер и подкрепляется использованием наглядного (иллюстративного) материала. Содержание упражнений, как и особенности их реализации, определяются в соответствии с когнитивно-коммуникативным подходом к обучению синтаксису русского языка, а именно: соблюдаются принципы активизации в обучении когнитивного и коммуникативного потенциала слова; понимания языковых значений; систематизации синтаксических умений; изучения синтаксиса во взаимосвязи с грамматикой и правописанием, развитием речи; ориентации обучения на активное взаимодействие когнитивного и коммуникативного потенциала личности в текстовой деятельности; актуального осознания речевого опыта как единства мышления и чувства

языка; восполняющего обучения и коррекции текстоформирующей деятельности.

**Использованные источники:**

1. Выготский Л.С. Мышление и речь: психологические исследования. – М.: Нац. образование, 2016. – 367 с.
2. Методика развития речи на уроках русского языка: кн. для учителя / Н.Е. Богуславская [и др.]; Под ред. Т.А. Ладыженской. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Просвещение, 1991. – 239 с.

*Яновская С. В.*  
учитель-логопед

*МБОУ «Гимназия №3»*  
Россия, г. Белгород

*Киселева Е. В.*

учитель-логопед

*МБОУ «Гимназия №22»*

Россия, г. Белгород

*Russia, Belgorod*

*Корнаухова Т. Н.*

учитель-логопед,

*МБОУ «СОШ №39»*

Россия, г. Белгород

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИГР И ЗАДАНИЙ НА ЛОГОПЕДИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ, СПОСОБСТВУЮЩИХ ЗАПОМИНАНИЮ СЛОВАРНЫХ СЛОВ У ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОВЗ**

*Аннотация:* В статье рассмотрены особенности использования игр и заданий на логопедических занятиях для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. Применение игровых упражнений, описанных в данной статье, способствуют более успешному запоминанию словарных слов обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

*Ключевые слова:* Словарные слова, дидактические игры, ассоциативные картинки, ребусы.

*Yanovskaya S. V.*

teacher-logopedist,

*MBOU "Gymnasium No. 3"*

*Russia, Belgorod*

*Kiselyova E. V.*

teacher-logopedist,

*MBOU "Gymnasium No. 22"*

*Kornaukhova T. N.*

teacher-logopedist,

*MBOU "Secondary school No. 39"*

*Russia, Belgorod*

## **USING GAMES AND TASKS IN SPEECH THERAPY CLASSES TO HELP STUDENTS WITH DISABILITIES REMEMBER VOCABULARY WORDS**

*Summary:* The article discusses the features of using games and tasks in speech therapy classes for students with disabilities. The use of the game exercises

*described in this article helps students with disabilities to better remember vocabulary words.*

**Keywords:** *Vocabulary words, didactic games, associative pictures, and rebus puzzles.*

Проблема обучения грамотному письму детей с ОВЗ в начальных классах возникает при переходе к письму по правилу, когда написание расходится с произношением. Обучающиеся испытывают определенные трудности в запоминании, воспроизведении и написании словарного слова.

Словарные слова - это слова, которые нельзя подвести под какое-либо правило. В основе написания словарного слова лежит зрительно-моторное запоминание. Работа по запоминанию словарного слова трудная и кропотливая. Проводя работу над словарными словами, учитель-логопед способствует развитию лексической стороны речи обучающихся с ОВЗ, грамматическому ее оформлению, развитию орфографической зоркости.

На коррекционно-развивающих занятиях учитель-логопед может использовать интересные дидактические игры, которые будут способствовать запоминанию словарных слов. Предложенные игры универсальны, с их помощью можно отработать любые «проблемные» словарные слова.

Начать работу по запоминанию словарных слов детям можно предложить с отгадывания загадок или разгадывания ребусов.

Для эффективного запоминания словарных слов можно вывешивать на доску слова, написанные черным цветом на красном фоне. Цветовое оформление данных слов будет способствовать лучшему зрительному восприятию и запоминанию. Также способствует запоминанию словарных слов демонстрация ассоциативных картинок, где трудная буква представлена в виде зрительно образа.

Однако, одного знакомства со словарными словами недостаточно для того, чтобы овладеть грамотным их написанием. Обязательным условием является включение данных слов в различные игры и задания.

### **1. «Собери слово»**

Логопед предлагает вытянуть карточку и выбрать правильные слоги из написанных слогов. Затем ребенок записывает получившееся слово.

### **2. «Цепочка слов»**

Логопед называет словарное слово, ребенок должен вспомнить новое словарное слово, начинающееся на последнюю букву предыдущего слова.

*Например:* Москва – алфавит – товарищ и т.д.

### **3. «Шифровки»**

*Вариант 1:* Логопед предлагает выписать из ряда букв каждую третью букву:

*Например:* Т М К У Ж А Р Т Р М О А Л М Н О Ы Д Ж Р А О Л Ш – получится слово «карандаш».

*Вариант 2:* Логопед предлагает из ряда букв выписать буквы русского алфавита:

*Например: Z W Ц Q O G F C L Y R V Д N S R A Q L – получится слово «посуда».*

#### **4. «Угадайка».**

*Вариант 1:* Логопед сообщает, что из слов убежали гласные буквы и предлагает восстановить слово.

*Например: ТПР, ДВЧК, МЛК, МГЗН (слова «топор», «девочка», «молоко», «магазин»).*

*Вариант 2:* Логопед говорит, что в словах пропали все согласные буквы и просит ребенка дописать недостающие буквы.

*Например: -о-о-, -о-о-, -о-о- (слова «потом», «горох», «топор»).*

#### **5. «Парочки»**

Логопед раскладывает на столе карточки написанными словами вниз рядами по бштук или в беспорядке. Дети по очереди открывают две любые карточки. Если на них написано одно и то же слово, игрок берет их себе и открывает другую пару карточек. Если же две карточки не сошлись, игрок возвращает их на место словами вниз. Ход переходит к следующему игроку. Когда непарные карточки возвращаются на место, все играющие стараются запомнить, где какая карта лежит.

#### **6. «Фотоателье»**

Логопед прикрепляет на доску, написанные на карточках, словарные слова. Дети читают слова, затем слова убираются. Вместо слов вывешиваются рисунки этих предметов, но одного не хватает. Дети должны написать слово, которого не хватает.

#### **7. «Придумай ассоциацию»**

Логопед предлагает ребенку с помощью фонетической ассоциации составить предложения со словарным словом так, чтобы оно было созвучно с частью другого слова или словом в этом предложении.

*Например: ПАЛЬТО - ПАпа носит ПАЛЬТО.*

#### **Использованные источники:**

1. Агаркова Н. Г. Обучение письму, как основа для речевого развития младшего школьника. - М. - 1990.
2. Иванова М. К. Словарная работа на уроках русского языка - один из путей повышения языковой культуры учащихся. -/ Педагогический вестник ЕАО" /.- № 2.- 2007.
3. В. Дмитриева. Словарные слова: практическое пособие для школьников младших классов. -Санкт-Петербург. : КОРОНА принт. - 2000

## Оглавление

Ma Jing., THE RELATIONSHIP BETWEEN LEADERSHIP STYLE AND TEAM PERFORMANCE IN MODERN ORGANIZATIONS .....	5
Saidova Z.A., FORMATION OF COGNITIVE COMPETENCE THROUGH TRILINGUAL SOFTWARE IN MATHEMATICS LESSONS (BASED ON ACADEMIC LYCEUM EXPERIENCE).....	12
Ендирбоева М., РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА ОЗЕРА САЙКУЛЬ .....	19
Костомаров В.Д., ТРАНСПОРТНАЯ СВЯЗАННОСТЬ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РЕДЕВЕЛОПМЕНТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ У СТАНЦИЙ МЦК.....	23
Лизакова Р.А., Шарейко А.А., КЛАСТЕРИЗАЦИЯ СЕМАТИЧЕСКОГО ЯДРА КАК ОДИН ИЗ ЭТАПОВ ОПТИМИЗАЦИИ WEB-САЙТА КОМПАНИИ...27	
Пусный Д.О., Путивцева Н.П., Пусная О.П., ПОДБОР МЕТОДА СОПРОВОЖДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МАИ .....	31
Пусный Д.О., Пусная О.П., УЧЕТ ДАННЫХ ПО СТУДЕНТАМ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ.....	38
Худайберидева Г. Б., Кожухов Д. А., Пименкова А. А., СТАНДАРТИЗАЦИЯ И БЕЗОПАСНОЕ КОДИРОВАНИЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ КВАНТОВАНИЯ, ПРУНИНГА И ДИСТИЛЛЯЦИИ В ЕДИНЬЙ АДАПТИВНЫЙ КОНВЕЙЕР ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ КЛАССА CORTEX-M .....	48
Худайберидева Г. Б., Кожухов Д. А., Пименкова А. А., РАЗДЕЛЕНИЕ ЗАДАЧ ГЕНЕРАЦИИ ТЕКСТА НА ЭТАПЫ ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ НА КРАЙНЕ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСАХ .....	55
Худайберидева Г. Б., Кожухов Д. А., Пименкова А. А., НЕЙРО-АППАРАТНЫЕ СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ (NEUSOC) ДЛЯ МИКРО-LLM: ИНТЕГРАЦИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ АКСЕЛЕРАТОРОВ В МЕДЛЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ МК.....	60
Худайберидева Г. Б., Кожухов Д. А., Пименкова А. А., КЭШ-ОСОЗНАННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ .....	66
Худайберидева Г. Б., Кожухов Д. А., Пименкова А. А., ИТЕРАТИВНАЯ РЕФЛЕКСИВНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ДЛЯ МИКРО-LLM: КОМПЕНСАЦИЯ МАЛЕНЬКОГО РАЗМЕРА МОДЕЛИ ПУТЕМ МНОЖЕСТВЕННЫХ ПРОХОДОВ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ .....	72

Худайберидева Г. Б., Кожухов Д. А., Пименкова А. А., ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ КРУПНЫХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ РЕЛЕВАНТНОСТИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАДАЧ .....	78
Худайберидева Г. Б., Кожухов Д. А., Пименкова А. А., ДИНАМИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОЧНОСТЬЮ И СЛОЖНОСТЬЮ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ ДОСТУПНОЙ МОЩНОСТИ В МИКРО-LLM ....	86
Худайберидева Г. Б., Кожухов Д. А., Пименкова А. А., МИКРО-LLM КАК АССЕМБЛЕР ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ: ГЕНЕРАЦИЯ НИЗКОУРОВНЕВОГО КОДА ПЛК/SCADA ИЗ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА НА МАЛОМОЩНЫХ УСТРОЙСТВАХ .....	92
Худайберидева Г. Б., Кожухов Д. А., Пименкова А. А., АНАЛОГОВЫЕ И ИМПУЛЬСНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ КАК ОСНОВА ДЛЯ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ СВЕРХ-ЭФФЕКТИВНЫХ МИКРО-LLM В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	98
Шенкарев Н.З., СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНЫЕ КОДЫ В АРХИТЕКТУРНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ РЕЧНЫХ НАБЕРЕЖНЫХ .....	106
<b>МАТЕМАТИКА, ИНФОРМАТИКА, ИНЖЕНЕРИЯ .....</b>	<b>110</b>
Бондарев К.А., ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ БОЕВЫХ БЛОКОВ ИНДИВИДУАЛЬНОГО НАВЕДЕНИЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ.....	110
Карпинский А.В., АНАЛИЗ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СПОСОБОВ ПРОВЕДЕНИЯ ПЕРЕГРУЗКИ РАКЕТ СТРАТЕГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ .....	113
<b>ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИКА .....</b>	<b>120</b>
Бабакова Е.Н., Мещаненко Е.Н., АДАПТАЦИЯ РЕБЕНКА К ШКОЛЕ: РЕКОМЕНДАЦИИ ПСИХОЛОГА.....	120
Гапеева Е.Н., Киселева Е.В., Синюгина Д.А., ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУКОЛЬНОГО ТЕАТРА СПЕЦИАЛИСТАМИ СЛУЖБЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ НА КОРРЕКЦИОННО -РАЗВИВАЮЩИХ ЗАНЯТИЯХ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	123
Киселева Е. В., Михайлюкова К.Ф., ФОРМЫ И МЕТОДЫ РАБОТЫ СПЕЦИАЛИСТОВ СОПРОВОЖДЕНИЯ С РОДИТЕЛЯМИ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ .....	126
Корнаухова Т. Н., Киселева Е. В., Михайлюкова К. Ф., ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЛЕКСИКО-ГРАММАТИЧЕСКОГО СТРОЯ РЕЧИ У ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОБЩИМ НЕДОРАЗВИТИЕМ РЕЧИ .....	129

Мещаненко Е.Н., Бабакова Е.Н., КАК ПСИХОЛОГУ НАУЧИТЬ ПЕДАГОГОВ НЕДОПУЩЕНИЮ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ ИЛИ БЫСТРОМУ ИХ РАЗРЕШЕНИЮ .....	132
Михайлюкова К. Ф., Киселева Е. В., Корнаухова Т. Н., СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАВЫКА ЧТЕНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ С ТЯЖЕЛЫМИ НАРУШЕНИЯМИ РЕЧИ .....	135
Пирманова Н.И., РАЗВИТИЕ СВЯЗНОЙ РЕЧИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОБОСОБЛЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В 8 КЛАССЕ .....	138
Яновская С. В., Киселева Е. В., Корнаухова Т. Н., ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИГР И ЗАДАНИЙ НА ЛОГОПЕДИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ, СПОСОБСТВУЮЩИХ ЗАПОМИНАНИЮ СЛОВАРНЫХ СЛОВ У ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОВЗ.....	142

ЭЛЕКТРОННОЕ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ  
ПЕРИОДИЧЕСКОЕ МЕЖДУНАРОДНОЕ ИЗДАНИЕ

# ***«Теория и практика современной науки»***

Выпуск № 8(122) 2025

Сайт: <http://www.modern-j.ru>

Издательство: ООО "Институт управления и социально-  
экономического развития", Россия, г. Саратов

Дата издания: Август 2025