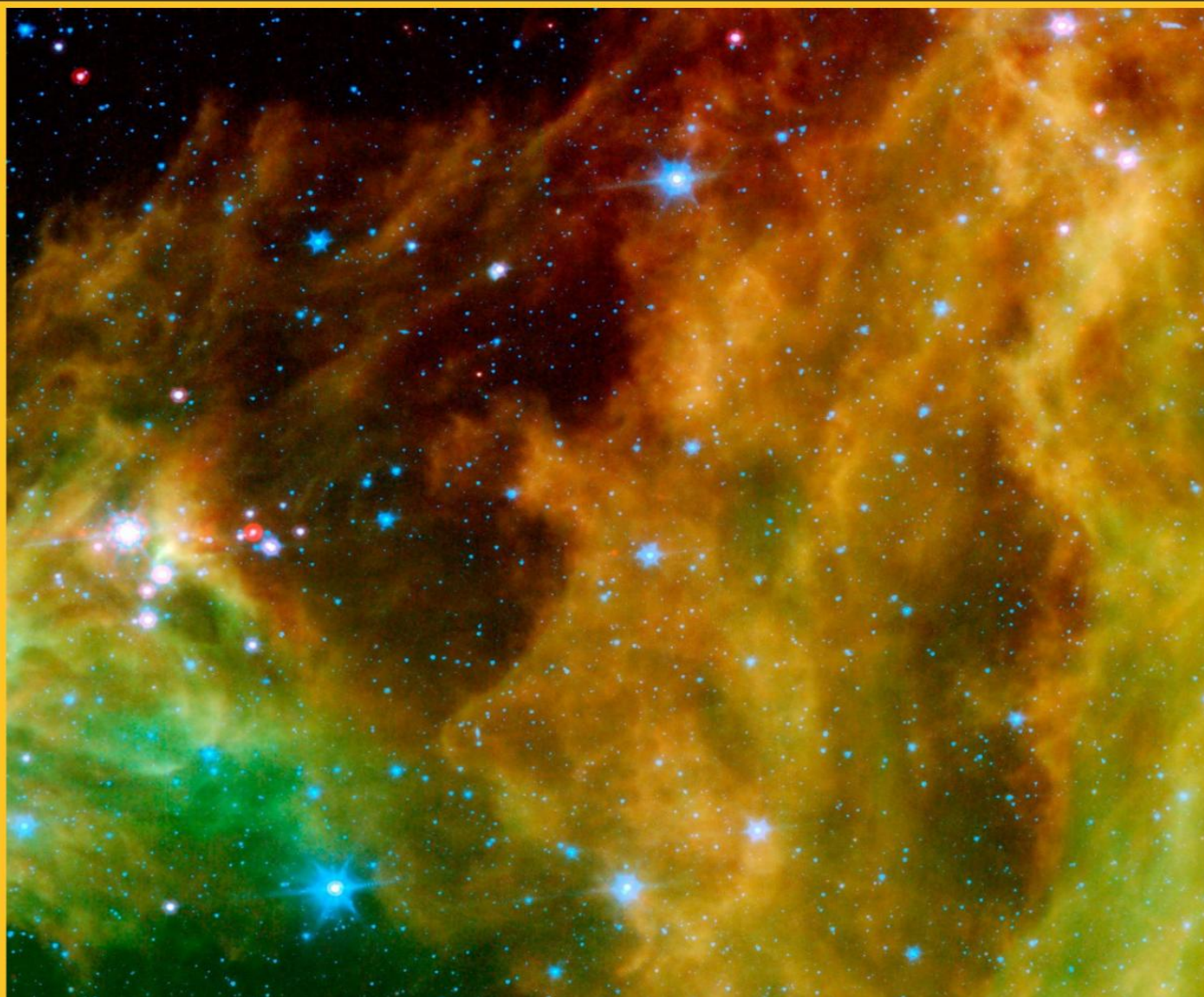


FEBRUARY 2025 | ISSUE #2(2)

**INTERNATIONAL JOURNAL
OF PROFESSIONAL
SCIENCE**

.....

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL



SCIPRO.RU

ISSN 2542-1085

SOCIAL SCIENCES AND HUMANITIES

UDC 001
LBC 72

International Journal Of Professional Science: international scientific journal, Nizhny Novgorod, Russia: Scientific public organization “Professional science”, №2(2) -2025. 106 p.

ISSN 2542-1085

International journal of Professional Science is the research and practice edition which includes the scientific articles of students, graduate students, postdoctoral students, doctoral candidates, research scientists of Russia, the countries of FSU, Europe and beyond, reflecting the processes and the changes occurring in the structure of present knowledge.

It is destined for teachers, graduate students, students and people who are interested in contemporary science.

All articles included in the collection have been peer-reviewed and published in the form in which they were presented by the authors. The authors are responsible for the content of their articles.

The information about the published articles is provided into the system of the Russian science citation index – RSCI under contract № 2819-10/2015K from 14.10.2015

The electronic version is freely available on the website <http://scipro.ru/ijps.html>

UDC 001

LBC 72



Editorial team

Chief Editor – Krasnova Natalya, PhD, assistant professor of accounting and auditing the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Construction. (mail@nkrasnova.ru)

Zhanar Zhanpeisova — Kazakhstan, PhD

Khalmatova Barno Turdyhodzhaeva — Uzbekistan, MD, Professor, Head of the Tashkent Medical Academy

Tursunov Dilmurat Abdullazhanovich — Kyrgyzstan, PhD, Osh State University

Ekaterina Petkova, Ph.D Medical University — Plovdiv

Stoyan Papanov PhD, Department of Pharmacognosy and pharmaceutical chemistry, Faculty of Pharmacy, Medical University — Plovdiv

Materials printed from the originals filed with the organizing committee responsible for the accuracy of the information are the authors of articles

Editors N.A. Krasnova, 2025

Article writers, 2025

Scientific public organization
“Professional science”, 2025

Table of contents

INTRODUCTION	5
CHEMISTRY AND MATERIALS SCIENCE	6
Piletskaya A.S. Chemical composition and sorption characteristics of moss and peat.....	6
Piletskaya A.S., Smirnova A.I., Dyagileva A.B. Investigation of possible ways of using secondary raw materials in the timber industry	14
ENERGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES	18
Fedoruk S.S., Kashcheev K.O., Shiryayev A.D. Management assessment of distributed energy supply development in the Leningrad region.....	18
Kashcheev K.O., Fedoruk S.S., Shiryayev A.D. Comparative analysis of the execution options for the heat supply system of a person house	25
Kashcheev K.O., Fedoruk S.S., Shiryayev A.D. Small-scale energy in Russia: current state and development prospects	30
Mitrokhin E.P. Research of environmental problems in the Kaliningrad region and development of ways to solve them.....	37
Nashuk D.S., Moskalenko P.A., Lipatov M.S. Decarbonization technologies for thermal power engineering.....	40
Soloviev I.S., Lipatov M.S. Use of heat pumps in the cooling system of electric generators.....	47
REVIEWS AND ANALYSIS	56
Kochnev V.V. Effective company management strategies in the field of food additives production	56
Moskalenko P.A., Gabdullin E.Kh. Neuromorphic control systems for distributed energy networks.....	62
Umerenkov D.I., Dmitriev A.G. Evolution of performance metrics in Agile	67
TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS	73
Blazhkovskii A. Developing user interfaces with a focus on inclusivity	73
Gabdullin E.Kh., Moskalenko P.A., Konovalova V.K. Comparative analysis of implementation of ERP-systems Oracle NetSuite and Infor CloudSuite in mechanical engineering: economic aspects and efficiency.....	81
Shahun N. Enhancing Requirements Prioritisation: A Business Analyst's Selection Framework	89
Sorokin N. A., Leonova N. L. Deep learning methods for object detection: a comparative analysis of R-CNN and YOLO	99
CONCLUSION	105

INTRODUCTION

The International Journal of Professional Science, Issue №2(2), 2025, continues its mission of providing a platform for presenting cutting-edge research and analysis from diverse scientific fields. This issue features articles authored by students, graduate students, postdoctoral researchers, doctoral candidates, and scientists from Russia, the countries of the FSU, Europe, and beyond. The journal reflects the dynamic processes and transformations in contemporary knowledge, making it an essential resource for educators, graduate students, and anyone passionate about modern science.

We are confident that the multidisciplinary approach and the breadth of topics presented in this issue will spark new ideas, foster academic discussions, and inspire further exploration in the realm of professional science.

Sincerely,
Krasnova N.
Editor-in-Chief
International Journal Of Professional Science

CHEMISTRY AND MATERIALS SCIENCE

UDC 547.992.2

Piletskaya A.S. Chemical composition and sorption characteristics of moss and peat

Piletskaya Anastasia Sergeevna

3rd year student
St. Petersburg State University
Industrial technology and design
(Higher School of Technology and Energy)

***Abstract.** Currently, moss and peat, which are natural ion exchange and sorption materials, are of increased interest in the field of environmental protection from various pollutants. The high ability to ion exchange and the developed capillary-porous structure determine the ability of these natural materials to absorb various substances. The relevance of using moss and peat lies in the fact that they are environmentally friendly materials due to the high adsorption properties of humic substances found in moss and peat. Humic acids, which are products of the transformation of organic residues, differ in a wide range of physico-chemical properties, such as ion exchange, sorption and surface-active properties. These substances differ in their elemental composition, number of functional groups, degree of condensation of molecules and molecular weight, which affects their physico-chemical characteristics. Humic substances are used in various fields, including the production of surfactants and biologically active substances, sorbents, corrosion inhibitors, antioxidants and medicines. Despite the importance of the theory of the production of humic substances from natural raw materials, this area remains relatively poorly understood, due to the lack of development of the theoretical foundations of the chemical technology of processing moss and peat.*

***Keywords:** Moss, peat, humic substances, sorbents, ionites, natural materials.*

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Humic substances in nature are represented as products of the transformation of organic residues and are the most stable form of organic carbon compounds outside of living organisms. Humic acids formed from different natural sources may differ in their elemental composition, the number of functional ionic groups, the degree of condensation of molecules, the ratio of hydrophobic and hydrophilic fragments, and molecular weight, which affects their physico-chemical properties. Humic compounds have a number of useful properties: ion-exchange, sorption, and surfactant, which is why humic substances are currently recognized as one of the promising areas of "green" chemistry. Humic substances are used as renewable, economically profitable and environmentally friendly sources of raw materials for the production of chemically important products such as surfactants and biologically active substances, sorbents, metal corrosion inhibitors, antioxidants, the basis for the production of

medicines, biologically active additives. The theory of industrial methods for the production of humic substances from natural raw materials is an important branch of plant chemistry. However, the theoretical foundations of the chemical technology of processing moss and peat can be attributed to a relatively little-studied area. One of the reasons for this is the lack of elaboration of theoretical concepts about the chemical nature of the transformation of individual components of plant raw materials into humic substances. Therefore, reliable determination of the number of functional groups in the structure of macromolecules of humic substances found in moss and peat is an urgent task in order to study the mechanism of transformation of moss into peat and, as a result, to study the reactivity of these natural materials.

The use of natural materials capable of ion exchange is economically more profitable than the use of synthetic substances, which explains the increased interest in natural ion exchange and sorption materials [1].

Substances that exhibit the ability to ion exchange are called ionites. Ionites are divided into mineral (inorganic) and organic.

Inorganic natural ionites include zeolites, clay minerals, feldspar, and various micas. Inorganic synthetic materials include silica gels, permutites, and insoluble oxides and hydroxides of certain metals (aluminum, chromium, and zirconium).

Organic natural ionites are obtained by chemical treatment of coal, cellulose and lignin. Organic natural ionites are humic acids of soils and coals.

Organic and inorganic ionites are a three-dimensional framework that includes charge-bearing groups of atoms called potential-determining ions. The frame has a positive or negative charge, compensated by the opposite charge of mobile ions – counterions, which can be replaced by other ions with a charge of the same sign.

The exchange capacity of ionites of any structure does not depend on the size of their grains, since the entire grain volume is more or less accessible for ion exchange reaction. However, in many cases porous ionites have significant advantages over massive gel ones. Since the porosity of ionites is an important factor that helps accelerate the ion exchange process, it is advantageous to use moss and peat as ion exchange materials [1,2].

Sphagnum or peat moss is a greenish-white spore-bearing perennial plant from the family of sphagnum mosses. The structure of moss consists of cellulose, humic acids, triterpene compounds (sitosterol, sitostanol), protein substances, lignin, hemicellulose (hydrophilic part), mineral components and sphagnol [1]. The bactericidal properties of sphagnum are due to the presence in the moss of a special phenol-like substance sphagnol, which inhibits the growth and vital activity of pathological microflora: *E. coli*, *vibrio cholerae*, *staphylococcus aureus*, *salmonella*.

The structural substances of moss contain large amounts of hydrophilic groups. The hydrophilicity of sorbents contributes to the fact that water is easily sorbed in the structure of the material, which can reduce the buoyancy of the sorbent.

The hydrophobic components of sorbents are lipids, moss bitumen. A significant number and variety of functional active groups (-OH, -COOH) in the solid components of moss (mainly in humic substances) determine its high ion exchange and sorption capacity [2].

Sphagnum moss has high gas and moisture absorbing properties, as well as bacteriostatic and bactericidal effects. In this regard, moss is used in many countries as a substitute for cotton wool, as well as an independent remedy for the treatment of infected (purulent) wounds.

Sphagnum is used in horticulture, indoor floriculture. It gives the soil the necessary lightness, hygroscopicity and friability. Sphagnum retains moisture well in the earthen coma, prevents the drying of the upper soil layer during prolonged drought. Possessing bactericidal medicinal properties, sphagnum prevents rotting of the root system.

Peat moss is widely used in many branches of the national economy. Sphagnum is used as a packaging material during transportation, for storing vegetables and fruits, as bedding and feed for livestock, in powder form it is used for filling sewage, cesspools. It is a valuable raw material for the production of ammonia, wax, paraffin, alcohol. Sphagnum moss is a sought-after thermal insulation and insulation material that is widely used in construction. Hygroscopic properties of moss make it possible to neutralize humidity fluctuations.

Sphagnum is the main producer of peat, the deposits of which are formed due to the death of stems: sphagnum grows in the upper part, while the stems of the plant gradually die off annually, forming a significant layer of brown peat [2,3].

Peat is a weakly acidic multifunctional ion exchanger consisting of various chemical components of organic and inorganic nature. It is formed as a result of plant decomposition due to the death and incomplete decomposition of marsh plants in conditions of increased moisture with a lack of oxygen [3]. Peat occupies an intermediate position between vegetable raw materials and solid fuels.

The organic part of peat is conventionally divided into several groups:

- substances extracted by organic solvents; they consist of waxes, paraffins and resins (bitumen);
- substances extracted from peat with cold and hot water, as well as those that dissolve in water after hydrolysis in the presence of mineral acids; this group of compounds includes sugars, pectin substances and polyuronides, semi-cellular and cellulose;
- humic substances extracted from peat with an alkali solution (humic and fulvic acids);
- Non-hydrolyzable substances (lignin).

Peat-forming plants include (Table.1) [4]:

Table 1

Composition of peat-forming plants

Squirrels	1-30%
Fats, waxes, and oils	1-30%
Cellulose and encrusting substances	10-50%
Lignin	10-30%

In contrast to the component composition, the elemental composition of peat-forming plants is more constant (Table 2):

Table 2

The elemental composition of peat-forming plants

Carbon	50-53%
Hydrogen	5,5-6,5%
Nitrogen	0,8-1,9%

The composition of peat includes the same groups of substances characteristic of peat-forming plants, as well as humic substances formed during the humification of plants.

The carbohydrate complex of peat consists of water-soluble and easily hydrolyzable substances (pentoses, uronic acids, hexoses), contained in amounts from 6.9 to 63%. The hard-to-hydrolyze substances of peat include cellulose (0.2-20%), and non-hydrolyzable substances include lignin (26%). Humic substances make up up to 70% of the organic part of peat [5].

Unlike other solid combustible fossils (lignites, brown coals, coal), peat contains a whole range of biologically active compounds found in wildlife. Being a product of partial decomposition of dead plants, peat can retain biologically active compounds of plant origin, as well as accumulate organic compounds of various classes resistant to microbiological degradation. From this point of view, peat can be considered not only as a source of biologically active substances, but also as their accumulator [6].

Density and porosity are the main physical characteristics of peat and moss that determine the condition of materials. The main characteristics of the porous structure of moss and peat include total porosity, pore size, kinetic specific surface area, active porosity, and the content of still water. At low density, peat has high porosity, which also depends on humidity and degree of decomposition. Slightly decomposed normalized peat has a porosity of 90-95%, and this indicator decreases with the decomposition of organic matter. The composition of peat also affects the amount of porosity and the nature of pores: the presence of clay and colloidal particles in peat determines very small pores, while poorly decomposed plant residues provide very large pores [6,7]. The porosity of the adsorbent is of great

importance for adsorption: the higher it is (that is, the smaller the pores), the greater the specific surface area of the sorbent and the greater its adsorption activity. Porosity and density are determined by such a value as strength [7].

Peat in its natural state is characterized by high water saturation. To assess the water properties of peat, full moisture capacity is used, that is, the ability of peat to retain moisture under the influence of molecular, capillary and other bonds. This concept is applicable to peat at its maximum saturation with water in conditions of free filtration and in the complete absence of evaporation [8].

The diagnostic characteristic of peat is acidity (pH), which plays an important role in the formation of peat properties. The term "acidity" refers to the reaction of the aquatic environment of peat, which is determined by the activity of hydrogen ions (H⁺) and is numerically equal to the negative decimal logarithm of the activity of H⁺. The acidity is due to the presence of free acids (acetic, formic, oxalic, lactic). The more free acids there are in peat, the higher its acidity. There are more free acids in upland peat than in lowland peat, which has less acidity. The high content of cations in these peats contributes to the formation of salts (humates) [8,9].

Due to the variety of the above properties, peat is widely used in a wide variety of fields of activity.

Peat is used as a fuel in the energy industry. In its pure, unprocessed form, peat has lower energy efficiency than coal, but it also has a number of advantages: peat contains less sulfur and harmful impurities and its use is less harmful to the environment; it is also much cheaper. By exposing peat to high temperatures, peat coke is obtained from peat, and activated carbons are obtained from them. [10].

Peat is widely used in agriculture. In its pure form, peat is an excellent environment for the growth of any plants. Peat is rich in humic acids, which are plant growth stimulants. Due to the fact that peat retains harmful substances, it heals the soil and reduces the nitrate content in plants.

The structure of peat allows it to be used as an excellent filter and sorbent for industrial wastewater.

Peat is an excellent adsorbent, filter and gas absorber, therefore it is indispensable in the elimination of various environmental accidents [11]. Moss and peat, which are natural ion-exchange and sorption materials due to the presence of humic substances in them, are of great interest in ecology.

Humic substances are natural compounds formed during the decomposition of biological residues under the influence of microorganisms and abiotic environmental factors [12].

The process of formation of humic substances is commonly referred to as humification. In natural conditions, the process of humification proceeds with the active participation of fungi, microorganisms and invertebrates in the soil, peat deposits, and natural waters. In a simplified way, humification can be described as a set of complex chemical and biochemical reactions, the product of which is the formation of organic compounds resistant to further transformation – humic substances. The process of humification is catalyzed by enzymes formed during the vital activity of the consults. The resulting humic substances are sorbed on decomposing plant material, thereby blocking further humification. The structure of the humic substances formed is determined by the hydrothermal conditions of the process. For example, the "loose" structure of humic substances occurs in the case of anaerobic humification conditions, i.e. in conditions of excessive moisture [12, 13].

Humification is the second largest process of transformation of organic matter after photosynthesis. Some of the dead remains are mineralized to CO₂ and H₂O, the rest is converted into humic substances [13]. Unlike synthesis in a living organism, the formation of humic substances is not guided by the genetic code, but follows the principle of natural selection – the most biodegradable structures remain. The result is a stochastic, probabilistic mixture of molecules in which none of the compounds is identical to the other. Thus, humic substances are a very complex mixture of natural compounds that do not exist in living organisms. Humic substances are the connecting link between living and inanimate matter. Being the end product of the transformation of plant cell wall components, humic substances accumulate in soils (up to 90% of soil organic matter), peat (up to 50%), brown coals (up to 60%), and mosses [13].

Humic substances contain three fractions:

- humin is insoluble in neither acids nor alkalis;
- humic acids - soluble in alkalis and insoluble in acids (at pH < 2);
- fulvic acids are soluble in both alkalis and acids [14].

Humin is an organic substance that is part of bio-bony bodies and is a combination of humic acids and fulvic acids that are strongly bound to minerals, as well as some non-specific organic compounds (cellulose, chitin, lignin). Humin is the starting material for the formation of humic acids [15,16].

The sum of humic and fulvic acids is called "humic acids". Humic acids are actively involved in natural chemical processes, as they are the most mobile and reactive part of humic substances. Humic acids perform a set of important biospheric functions: structuring, accumulation of nutrients, regulation of geochemical metal fluxes in aquatic and soil ecosystems [15, 16].

Humic acids present in moss and peat are among the most important natural ion exchangers and sorbents with significant applied importance in environmental protection. The unique physico-chemical properties of these substances, such as their high ion exchange and sorption capacity, make them an indispensable tool in combating air, water and soil pollution. Due to the presence of a large number of functional groups, humic acids are able to effectively bind and remove various pollutants, which makes their use extremely relevant in modern environmental technologies.

The high economic feasibility of using moss and peat in comparison with synthetic analogues further emphasizes their importance. A wide range of possible applications, from medical purposes to waste disposal, demonstrates the versatility of these natural materials. Nevertheless, in order to fully unlock the potential of moss and peat, additional research is needed aimed at in-depth assessment of their reactivity and transformations during the transition from moss to peat.

References

1. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. 248 с.
2. Раковский В.Е. Химия и генезис торфа. М.: Недра, 1978. 231 с.
3. Закис Г.Ф. Функциональный анализ лигнинов и их производных. Рига: Зинатне, 1987. 230 с.
4. Корчунов С.С. Исследование физико-механических свойств торфа. М.: Наука, 1953. 235 с.
5. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993. 237 с.
6. Горовая А.И. Гуминовые вещества: Строение, функции, механизм действия, протектор, свойства, экологическая роль. Киев: Наукова думка, 1995. 304 с.
7. Добровольская Т.Г., Головченко А.В., Звягинцев Д.Г., Инишева Л.И., Кураков А.В., Смагин А.В. Функционирование микробных комплексов в верховых торфяников – анализ причин медленной деструкции торфа. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 128 с.
8. Мисников, О.С. Физико-химические основы торфяного производства: учебное пособие. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2015. 168 с.
9. Раковский В.Е. Общая химическая технология торфа. Москва, Ленинград. Государственное энергетическое издательство, 1949. 366 с.

10. Перминова И.В. Классификация и прогноз свойств гумусовых кислот. Диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук. Москва, 2000. 359 с.
11. Гельферих Ф. Иониты. М.: Изд-во ин. лит, 1962. 490 с.
12. Маслов С.Г. Торф – как растительное сырье и направления его химической переработки. Химия растительного сырья. 1998. № 4. С. 7-9.
13. Hassett D.J., Bisesi M., Hartenstein R. Humic acids: synthesis, properties and assimilation of yeast biomass // Soil Biology & Biochemistry. 1988 V. 20 (2). P. 227– 231
14. Wershaw R. L. A new model for humic materials and their interactions with hydrophobic organic chemicals in soil-water and sediment-water systems / R.L. Wershaw // J. Contam. Hydrol. – 1986 – № 1 – P. 29–45.
15. Schnitzer M. The synthesis, chemical structure, reaction and functions of humic substances / M. Schnitzer // Humic substances effect on soil and plants. – 1986 – № 3 – P. 26-28.
16. Stevenson F. J. Humic Chemistry: Genesis, Composition, Reactions /F. J. Stevenson // John Wiley & Sons. New York. – 1994 – pp. 34-41.

UDC 338.45.01

Piletskaya A.S., Smirnova A.I., Dyagileva A.B. Investigation of possible ways of using secondary raw materials in the timber industry

Piletskaya A.S.,

student of the St. Petersburg State University of Industrial Design Technologies.
Higher School of Technology and Energy, St. Petersburg, Russia.

Smirnova A.I.,

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State University of Industrial
Technology and Design. Higher School of Technology and Energy,
St. Petersburg, Russia.

Dyagileva A.B.,

Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State University of Industrial
Technology and Design. Higher School of Technology and Energy,
St. Petersburg, Russia.

***Abstract.** Currently, there is a growing interest in implementing the concept of a closed economy as a tool for greening production cycles with efficient and rational use of both primary and secondary resources. The paper considers possible ways to dispose of ash and slag waste, namely fly ash, formed in the technology of wood biomass processing, both at the site of pulp and paper mills and in other industries.*

***Keywords:** energy-saving technologies, ash, recycled materials, waste, pulp and paper industry.*

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

To date, no quantitative analysis of the waste generated at the sites of pulp and paper mills has been carried out, in general, only a small percentage of wood is used for the production of pulp and paper. The rest is disposed of as solid and liquid waste. Moreover, there is almost no trend towards recycling waste into valuable materials in developing countries.

The application of energy-saving technologies is a priority as countries progress towards sustainable development. Recently, the global problem has been to eliminate factors that hinder environmental sustainability, such as climate change, depletion of natural resources, prevention of ecosystem destruction and environmental degradation [1, 2]. Waste from pulp and paper mills strongly affects these factors, therefore, in order to preserve favorable environmental conditions, it is necessary to develop and implement in production energy-saving technologies. Waste water from the pulp and paper industry (CBP) is generated from several sources, such as washing of untreated wood before and after cooking, bleaching of pulp, and, finally, a chemical regeneration system. Solid waste is formed mainly after

debarking of wood, due to defects during sorting, primary and secondary sewage sludge, as well as lime sludge from the chemical regeneration system [3]. Currently, pulp and paper mills produce large amounts of solid and liquid waste, and environmental aspects are becoming a serious problem that needs to be addressed.

From an environmental and socio-economic point of view, it is extremely important to use appropriate technologies to process waste from pulp and paper mills into high-value products that will affect everyday life. This requires careful quantitative and qualitative analysis of the resulting biomass. This paper considers only a part of the current issues related to the use of waste generated in the pulp and paper industry, namely ash and slag waste. From an environmental and socio-economic point of view, it is extremely important to use appropriate technologies to process waste from pulp and paper mills into high-value products that will affect everyday life. This requires careful quantitative and qualitative analysis of the resulting biomass. This paper considers only a part of the current issues related to the use of waste generated in the pulp and paper industry, namely ash and slag waste. In addition, ash (Fig. 1).

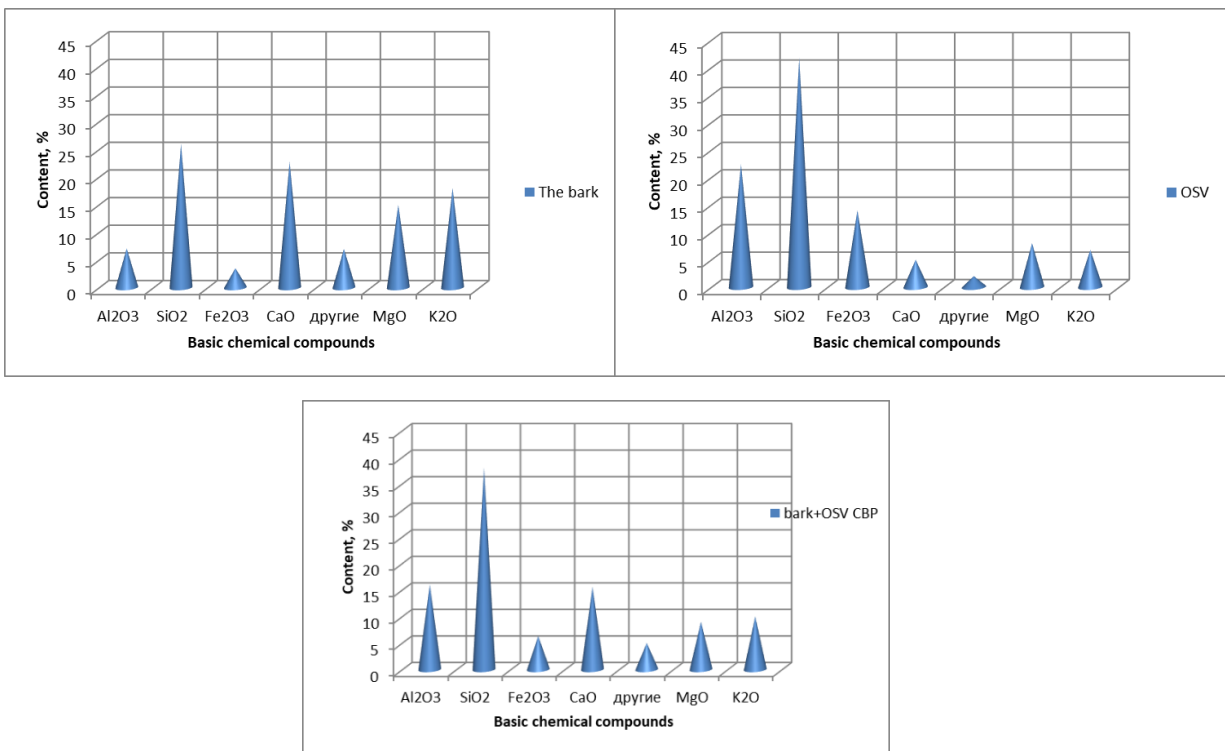


Fig. 1. Average comparative chemical composition of ash from waste incineration: 1 – bark; 2 – sewage sludge; 3 – bark + sewage sludge

Ash from the combustion of sewage sludge mixed with wood waste can be used at the enterprise as an alternative coagulant-flocculant (CCF) for wastewater treatment in the industry. The use of specially prepared ash as a reagent is due to the content of aluminum

compounds (694 mg/dm³), silicon (909 mg/dm³), iron (80 mg/dm³) and other elements with coagulating properties.

According to the results of the study, the coagulating ability of the ash coagulant depends on the process conditions and the dose of the reagent. As an example, Figure 2 shows the dependence of the efficiency of water purification at the stage of water treatment for production in comparison with the traditional commercial coagulant (aluminum sulfate).

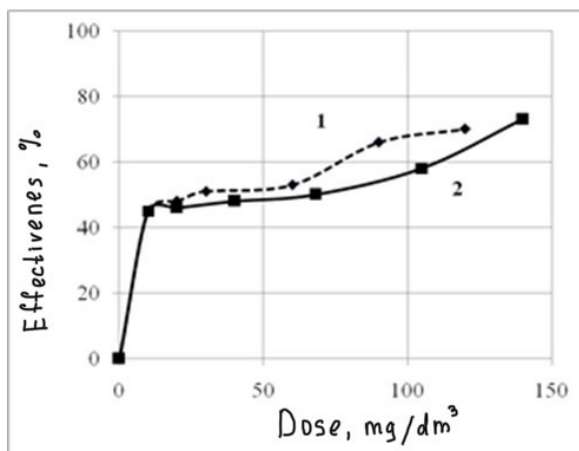


Fig. 2. Dependence of the effectiveness of reducing the color of natural water using various reagents on the dose of active aluminum in their composition at pH = 6.2 ± 0.2. Reagents used: 1 – ZKKF; 2 – Al₂(SO₄)₃

According to the data obtained, the cleaning efficiency when using two types of coagulants is commensurate, however, the advantage of ash coagulant-flocculant is that it is a secondary product and it is most advisable to use it directly at enterprises of the pulp and paper industry, where it is formed, thereby solving the problem of closed nature management [4].

In addition, consumers of this prepared product, as an alternative to traditional reagents, may be utilities that use physico-chemical water treatment processes of various origins.

It has been established that the ash in its chemical composition, as a rule, contains compounds such as SiO₂, CaO, MgO, Al₂O₃ and Fe₂O₃ in different amounts depending on the nature of the materials being burned (Fig. 1). The potential mineral content in the ash after burning precipitation can contribute to the formation of spatial structures that give strength to cement. Therefore, a promising area of use of high-quality concrete is the production of concrete in accordance with the requirements of GOST 31108-2020 "General construction cements" as a mineral component [5, 6]. However, it must be borne in mind that different ashes from the combustion of various types of waste can be used as a mineral component, which may require significant adjustments to create an original composition of the cement

mixture. Based on the literature data and experimental studies, the table provides generalized information on the composition of the mineral part of the ash from the incineration of waste from CBP enterprises.

The use of ash in the construction industry solves several problems at once – the disposal of a large amount of accumulated ash in ash dumps throughout Russia and reducing the cost of the final product. A positive technological effect is achieved by maintaining the strength and shrinkage of the cement-concrete mixture when adding ash and slag, which allows them to be introduced into modern cement production technologies.

Thus, the potential use of fly ash as a secondary raw material in industrial wastewater treatment technology and in the production of building materials and cement products is a promising direction in solving waste disposal problems, and also requires a more detailed study of the composition compositions for targeted use.

References

1. Haile, A., Gelebo, G.G., Tesfaye, T. et al. Pulp and paper mill wastes: utilizations and prospects for high value-added biomaterials. *Bioresour. Bioprocess.* 8, 35 (2021). <https://doi.org/10.1186/s40643-021-00385-3>.
2. Lipsky V.A. Prospects for the development of the timber industry. The need to change the vector of industrial development. Part II // *Bulletin of the LESTECH Association* No. 15, 2024. Electronic resource. URL: <https://alestech.ru/bulletin/article/161>. Accessed 10.06.2024.
3. Information and technical handbook on the best available technologies. Pulp and paper production. ITS 1-2023. 459 p. The date of introduction is 2024-01-01.
4. Patent of the Russian Federation 2656305 C2. Method of obtaining a low-concentration composite coagulant-flocculant based on nepheline-containing raw materials and ash / A.B. Dyagileva, A.I. Smirnova, D.V. Dyagileva; patent holder: A.B. Dyagileva. Announced on 29.09.2016; published on 04.06.2018, *Bul. No. 16*. 8 p.
5. Dyagileva A.B., Smirnova A.I. Comparative characteristics of potential raw materials from biofuel combustion and pulp and paper production waste for the cement industry // *Cement and its application*. 2024. No. 2. pp. 66-69. DOI: 10.61907/CIA.2024.15.53.001.
6. Shumilova L. V., Khatkova A. N., Razmakhnin K. K., Nomokonova T. G. Application of the best available technologies to improve environmental safety in the disposal of ash and slag waste // *Bulletin of Zabaikalsky State University*. 2022. Vol. 28, No. 8. pp. 23-34. DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-8-23-34.

ENERGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

UDC 620.9

Fedoruk S.S., Kashcheev K.O., Shiryaev A.D. Management assessment of distributed energy supply development in the Leningrad region

Оценка целесообразности развития распределенного энергоснабжения в
Ленинградской области

Fedoruk Sofia Sergeevna,

Master's student at the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Kashcheev Kirill Olegovich,

Master's student at the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Shiryaev Alexander Dmitrievich,

Assistant of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Федорук Софья Сергеевна,

Магистрант кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Кащеев Кирилл Олегович,

Магистрант кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Ширяев Александр Дмитриевич,

Ассистент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. *The article discusses the problem of ensuring efficient energy supply in the Leningrad region. The analysis of the current state of the region's electric power system has been carried out, and the factors determining the feasibility of developing distributed generation have been identified. The necessity of developing distributed energy in the Leningrad region to increase energy security and reduce grid losses is substantiated. Specific recommendations are proposed for the implementation of distributed generation projects in the region.*

Keywords: *distributed energy supply, capacity, electricity supply, reliability, forecast of energy consumption, Leningrad region.*

Аннотация. В статье рассматривается проблема обеспечения эффективного энергоснабжения Ленинградской области. Проведен анализ текущего состояния электроэнергетической системы региона, выявлены факторы, определяющие целесообразность развития распределенной генерации. Обоснована необходимость развития распределенной энергетики в Ленинградской области для повышения энергобезопасности и снижения потерь в сетях. Предложены конкретные рекомендации по реализации проектов распределенной генерации в регионе.

Ключевые слова: распределенное энергоснабжение, мощность, электроснабжение, надежность, прогноз энергопотребления, Ленинградская область.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Малая распределенная энергетика в России представляет собой важное направление развития топливно-энергетического комплекса страны. На текущий момент доля малой распределенной энергетики в России составляет около 7% от общего объема вырабатываемой электрической энергии, что в два раза ниже мирового показателя. Основная часть объектов малой энергетики в России – это тепловые станции, на которые приходится около 92% всех мощностей. Оставшиеся 8% составляют солнечные, ветряные и другие станции, работающие на альтернативных источниках энергии [1].

В настоящий момент для обеспечения надежного и эффективного энергоснабжения страны на ближайшую перспективу сформирована схема и программа развития электроэнергетических систем России на 2024-2029 годы, которые разработаны в соответствии с Правилами разработки и утверждения документов перспективного развития электроэнергетики, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 30.12.2022 № 2556.

Основными целями этого документа являются удовлетворение прогнозируемой потребности в электроэнергии и мощности, предотвращение дефицитов и определение оптимальных решений по развитию электросетевой инфраструктуры, а именно:

1) формирование состава объектов по производству электрической энергии и мощности для обеспечения удовлетворения прогнозируемой потребности в электрической энергии и мощности в Единой энергетической системе России (далее – ЕЭС России) на период 2024-2029 годов;

2) предотвращение прогнозируемых дефицитов электрической энергии и мощности с учетом прогнозируемых режимов работы энергосистем при работе в схемно-режимных и режимно-балансовых условиях, определенных Методическими указаниями по проектированию развития энергосистем, утвержденными приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 06.12.2022 № 1286;

3) определение решений по размещению линий электропередачи и подстанций классом напряжения 110 кВ и выше, необходимых для обеспечения удовлетворения прогнозируемой потребности в электрической энергии и мощности по

электроэнергетическим системам на период 2024-2029 годов, а также обеспечения нахождения параметров электроэнергетического режима работы ЕЭС России, отдельных ее частей в области допустимых значений [2].

В контексте общероссийских тенденций и задач, энергетическая ситуация в Ленинградской области представляет особый интерес. Этот регион, обладая значительным промышленным потенциалом и стратегическим географическим положением, сталкивается с вызовами и возможностями в сфере энергоснабжения.

Ленинградская область является одним из важнейших экономических центров России. На её территории находятся малонаселенные города, основу которых составляют градообразующие промышленные предприятия. Суммарная мощность электростанций в регионе превышает 8500 МВт и представлена различными видами энергетической генерации: атомной, тепловой и гидроэнергетикой. Особую роль играет Ленинградская атомная электростанция, расположенная в городе Сосновый Бор, которая обеспечивает половину всего энергопотребления области и составляет 27% в энергетическом балансе Северо-Западного региона. Её суммарная мощность достигает 4200 МВт, что делает её крупнейшим объектом электроэнергетики в Ленинградской области. Однако зависимость от работы ЛАЭС создаёт риски: любые перебои в её функционировании могут иметь катастрофические последствия для региона. Статистика потребления мощности в Ленинградской области, а также электрической энергии, представлены на рисунках 1-2 [3].

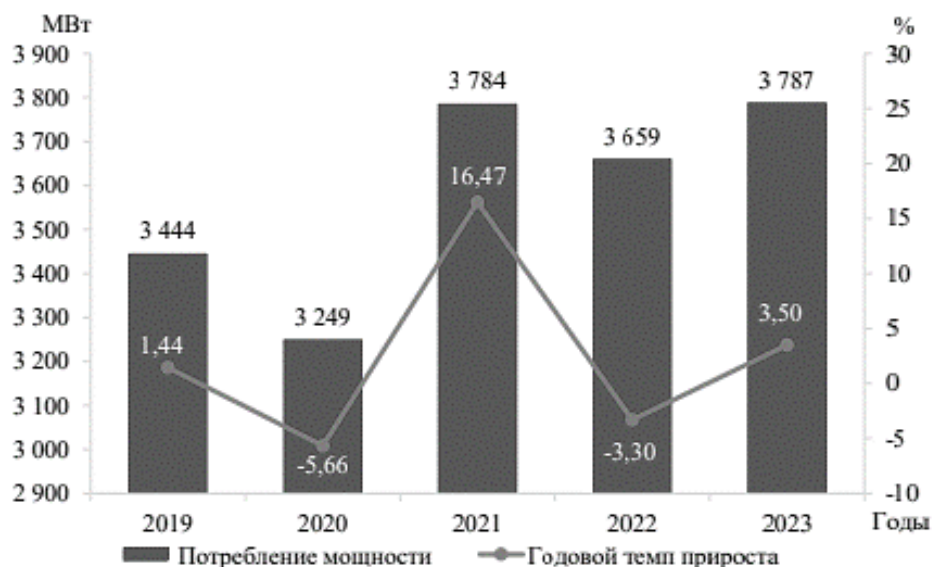


Рисунок 1. Потребление мощности Ленинградской области и годовые темпы прироста

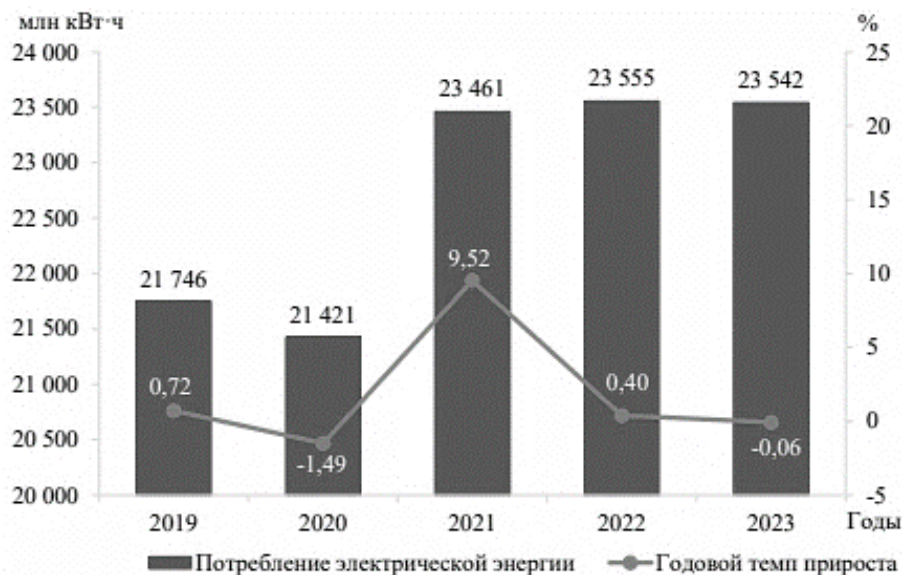


Рисунок 2. Потребление электрической энергии по территории Ленинградской области и годовые темпы прироста

Тепловая генерация также играет значительную роль в энергоснабжении Ленинградской области. Общая мощность всех тепловых электрических станций равна примерно 4000 МВт. Киришская ГРЭС – один из крупнейших объектов данного типа – была введена в эксплуатацию в 1965 году. Она использует газовое топливо для производства энергии, вырабатывая около 2695 МВт электроэнергии, которой снабжаются город Кириши и завод по переработке нефтепродуктов. Таким образом, тепловые электростанции обеспечивают существенную долю как электрической, так и тепловой энергии в регионе, при этом их мощности варьируются в широком диапазоне.

Возобновляемая энергетика в Ленинградской области развивается, но пока не играет доминирующей роли в энергобалансе региона. Основными тенденциями возобновляемой энергетике в Ленинградской области являются гидроэлектростанции (ГЭС). Здесь действуют шесть ГЭС с мощностью более 25 МВт каждая. Верхне-Свирская ГЭС является крупнейшей среди них, её мощность составляет около 160 МВт. Совокупная генерация всех ГЭС в области равна примерно 600 МВт, что позволяет использовать энергию рек для удовлетворения части энергетических потребностей региона [4].

Транспорт электро- и тепловой энергии осуществляется через две крупные организации: «Ленэнерго» и «ЛОЭСК». Первая обслуживает 2953 пункта, вторая обеспечивает электроснабжение около 150 населённых пунктов Ленинградской области. Протяжённость электросетей «Ленэнерго» в регионе составляет 18,8 тыс. км,

из которых 11,6 тыс. км проходят через лесную местность. Общая протяжённость сетей «Ленэнерго» и «ЛОЭСК» равна 31 тыс. км, из которых 29 тыс. км представлены воздушными линиями. Напряжение большинства электросетей составляет 330 В. Для распределения напряжения используются подстанции и трансформаторы.

Однако стоит отметить, что физический износ электросетей компании «Ленэнерго» оценивается на уровне 30-47%, а потери электроэнергии в городе Санкт-Петербурге и Ленинградской области составляют соответственно 12,13% и 9,43%, что связано с большим производством электрической энергии в регионе, структура производства которой представлена на рисунке 3.

Информация об износе и потерях электрической энергии со стороны «ЛОЭСК» недоступна, однако известно, что износ подстанций и распределительного оборудования весьма велик. Это подтверждается масштабной ремонтной программой «Ленэнерго», направленной на восстановление и модернизацию инфраструктуры.

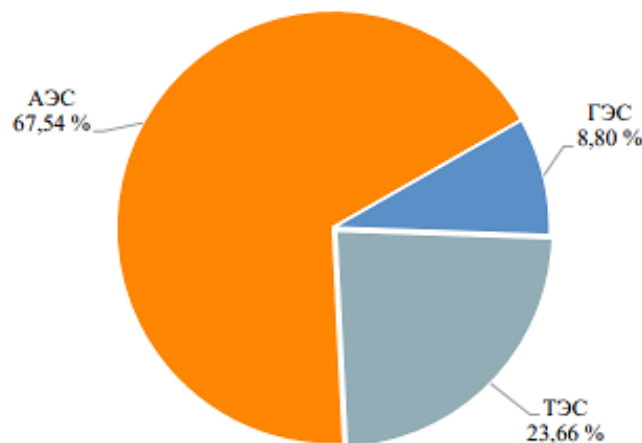


Рисунок 3. Структура производства электрической энергии в Ленинградской области

Что касается транспортировки тепловой энергии, то согласно ремонтным планам АО «Теплосеть Санкт-Петербурга» и ГУП «ТЭК СПб» на период 2021-2033 годов, требуется замена или строительство новых тепловых сетей общей протяжённостью около 300 км для улучшения качества теплоснабжения. Однако реальный объём работ составляет лишь 170 км в однострубно́м исполнении [5]. Одной из актуальных проблем остаётся обеспечение электроэнергией малых поселков Ленинградской области. Например, в Ломоносовском районе в поселке Лаголово и его окрестностях наблюдались проблемы с электроснабжением. В поселке Подсолнухи были

зафиксированы перебои и отключения электроэнергии, вызванные повышенной нагрузкой на распределительную электросеть 0,4 кВ. Данная сеть не находится на балансе компании «Ленэнерго» и считается бесхозной, хотя сбои в её работе приводят к поломкам оборудования «Ленэнерго».

Исходя из вышеизложенного, внедрение объектов малой распределенной энергетики может значительно повысить качество тепло- и электроснабжения Ленинградской области. Дополнительные мощности помогут компенсировать нагрузку на существующие сети, которые уже не способны эффективно передавать электроэнергию из-за высокого процента износа. Особенно это важно для малых населенных пунктов, где наблюдается дефицит надёжного электроснабжения.

Согласно актуальным схемам электрификации Ленинградской области, в районе поселка Лаголово и Волосово отсутствуют обозначения электрических сетей. Это указывает либо на то, что распределительные сети этих населённых пунктов являются бесхозными, либо на то, что они находятся в плохом состоянии, характеризуясь большим физическим износом и потерями энергии. Тем не менее, согласно схемам газификации региона, в данных районах проходят газоснабжающие трубопроводы, что создаёт предпосылки для внедрения автономных источников энергии [6].

Учитывая климатические особенности южной части Ладожского озера и Финского залива, эти территории получают наибольшее количество солнечного излучения в регионе. Поэтому оптимальной технологической схемой мини-ТЭС для данных районов может стать гибридная мини-ТЭС с солнечным воздухонагревателем.

Предлагаемая система, основанная на эффективном сочетании газовой генерации и возобновляемых источников энергии, является не просто решением текущих проблем, а стратегическим шагом к созданию устойчивой и надёжной энергетической системы Ленинградской области, способной обеспечить регион энергией в долгосрочной перспективе [7]. Таким образом, внедрение данных систем станет важным шагом на пути к повышению надёжности и устойчивости энергосистемы региона.

References

1. Липатов, М. С. Необходимость внедрения автономных гибридных систем энергоснабжения на удаленных территориях Российской Федерации / М. С. Липатов, М. В. Шилин // НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ и ОТКРЫТИЯ 2017 : сборник статей победителей II Международного научно-практического конкурса, Пенза, 05 мая 2017 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017. – С. 20-22. – EDN YNQJDD.

2. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 30 ноября 2023 года № 1095 «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетических систем России на 2024-2029 годы».

3. Энергосистема г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области [Электронный ресурс]. URL: <https://www.soups.ru> (дата обращения 15.01.2025).

4. Ширяев, А. Д. Целесообразность развития возобновляемой энергетики в городе Санкт-Петербурге / А. Д. Ширяев, К. А. Крюков // Оригинальные исследования. – 2022. – Т. 12, № 10. – С. 253-258. – EDN ELKGLK.

5. Липатов, М. С. Альтернативная энергетика как перспективное направление для устойчивого развития сельских территорий / М. С. Липатов // Энергетика и автоматизация в современном обществе : Материалы ежегодной III Всероссийской научно-практической конференции обучающихся и преподавателей. В 3-х частях, Санкт-Петербург, 03 июня 2020 года / Под общей редакцией Т.Ю. Коротковой. Том Часть I. – Санкт-Петербург: 2020. – С. 52-54. – EDN XDLVLY.

6. Ширяев, А. Д. Исследование технологий производства и анализ перспектив применения сжиженного природного газа / А. Д. Ширяев // International Journal of Professional Science. – 2023. – № 8. – С. 43-51. – EDN YCSZIX.

7. Кащеев, К. О. Перспективность применения гибридных энергосистем на основе возобновляемых источников энергии / К. О. Кащеев, А. Д. Ширяев // International Journal of Professional Science. – 2024. – № 4-2. – С. 6-13. – EDN NARETQ.

UDC 620.9

Kashcheev K.O., Fedoruk S.S., Shiryayev A.D. Comparative analysis of the execution options for the heat supply system of a person house

Сравнительный анализ вариантов исполнения системы теплоснабжения частного дома

Kashcheev Kirill Olegovich,

Master's student at the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Fedoruk Sofia Sergeevna,

Master's student at the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Shiryayev Alexander Dmitrievich,

Assistant of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Кашчев Кирилл Олегович,

Магистрант кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Федорук Софья Сергеевна,

Магистрант кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Ширяев Александр Дмитриевич,

Ассистент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. This article provides a comparative analysis of various versions of heat supply systems for private homes used in Russia. Traditional heating methods such as gas, electric and solid fuel are considered, as well as modern alternative technologies, including heat pumps. The analysis covers the technical characteristics, economic aspects and regional specifics of the application of each of the proposed solutions.

Keywords: heat supply systems, thermal load, gas heating, economic assessment, heat pump, electric boiler, solid fuel heating.

Аннотация. В данной статье проводится сравнительный анализ различных вариантов исполнения системы теплоснабжения частных домов, применяемых в России. Рассматриваются традиционные методы отопления, такие как газовое, электрическое и твердотопливное, а также современные альтернативные технологии, включая тепловые насосы. Анализ охватывает технические характеристики, экономические аспекты и региональную специфику применения каждого из предложенных решений.

Ключевые слова: системы теплоснабжения, тепловая нагрузка, газовое отопление, экономическая оценка, тепловой насос, электрический котел, твердотопливное отопление.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

В современных условиях выбор системы отопления для частного дома в России представляет собой сложную задачу, требующую тщательного экономического анализа различных вариантов. Существует несколько основных способов обогрева жилых помещений, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки с точки зрения стоимости установки, эксплуатации и долгосрочной эффективности.

Для экономической оценки различных вариантов отопления проанализируем дом площадью 100 м², отопительный период – 180 дней, средняя температура наружного воздуха – 5°С. Усредненная потребность в тепловой энергии для дома площадью 100 м² составляет примерно 1 кВт на 10 м² при хорошей теплоизоляции.

Рассмотрим газовое отопление, которое является одним из наиболее популярных решений в России. Основным преимуществом данного метода является относительно низкая стоимость энергоносителя при наличии централизованного газоснабжения. Однако подключение к магистральному газу часто связано с существенными разовыми затратами на проведение трубопровода и установку оборудования. В среднем, эти расходы могут составлять от 200 до 500 тысяч рублей в зависимости от удаленности дома от газовой магистрали [1]. При этом стоимость самого котла и монтажных работ также требует значительных инвестиций – от 100 до 300 тысяч рублей. Несмотря на это, если дом находится вблизи газовой сети, то этот вариант может оказаться экономически выгодным благодаря дешевизне газа по сравнению с другими видами топлива (рисунок 1). При стоимости 20 рублей за м³ природного газа и расходе 25,4 м³ в сутки, за сезон для покрытия тепловой отопительной нагрузки необходимо 91 тысяча рублей.

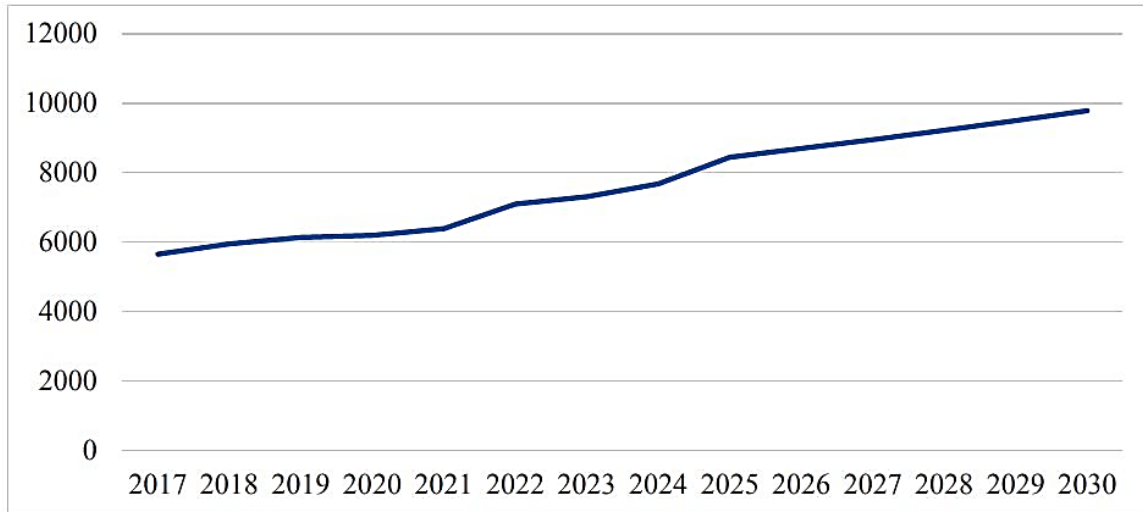


Рисунок 1. Тариф на природный газ

Вышестоящий график отображает динамику тарифов на природный газ в период с 2017 по 2030 года. На оси абсцисс отображается год, на оси ординат – цена на газ в рублях за единицу измерения.

Электрическое отопление особенно привлекательно для загородных домов, расположенных вдали от газовых сетей. Главное преимущество электрического отопления заключается в простоте монтажа и отсутствии необходимости в обслуживании. Тем не менее, высокая стоимость электроэнергии делает этот вариант менее экономически эффективным для постоянного проживания. Для примера, потребление электрической энергии на отопление дома площадью 100 м² составляет 240 кВт•ч в сутки, 43200 кВт•ч за сезон. При тарифе 5 рублей за кВт•ч энергии (рисунок 2), расходы составят 216 тысяч рублей за сезон.

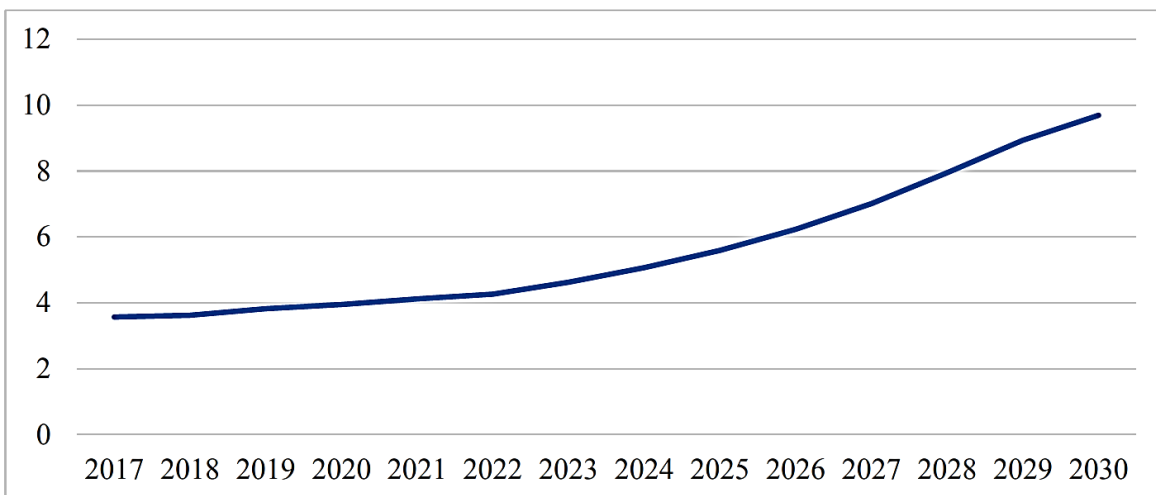


Рисунок 2. Тариф на электроэнергию

На графике выше представлена динамика тарифов на электроэнергию за период с 2017 по 2030 года. Абсцисса отображает год, ордината – стоимость электроэнергии в рублях за кВт•ч.

Дрова, пеллеты и топливные брикеты остаются традиционными источниками тепловой энергии в некоторых регионах России. Использование древесины как топлива может быть экономически выгодным для владельцев личных лесных угодий или тех, кто живет вблизи мест вырубки деревьев. Пеллеты и топливные брикеты, производимые из отходов деревообработки, также являются интересной альтернативой. Плотность и высокая теплоотдача данного топлива позволяют значительно снизить объем хранения и упростить процесс его использования [2]. Однако необходимо учитывать первоначальные затраты на покупку. Для рассмотренного дома в отопительный сезон потребуется примерно 3-4 тонны пеллет, стоимостью 21-60 тысяч рублей, если использовать брикеты – 30-72 тысяч рублей за 3-4 тонны.

Тепловые насосы представляют собой инновационное решение для отопления частных домов в России. Этот метод использует энергию окружающей среды (воздух, земля или вода) для нагрева помещения. Хотя первоначальные инвестиции в установку теплового насоса достаточно велики – от 600 до 1200 тысяч рублей, экономическая эффективность такого решения проявляется в долгосрочной перспективе благодаря минимальным операционным затратам. При коэффициенте преобразования тепла (COP) 3-4, то есть на 1 кВт электроэнергии вырабатывается 3-4 кВт тепловой энергии, фактическое потребление электроэнергии составит 14400 кВт•ч за сезон [3]. Стоимость при тарифе 5 рублей за кВт•ч за сезон составит 72 тысячи рублей.

При выборе системы отопления для частного дома в России следует учитывать множество факторов: доступность различных видов топлива, климатические особенности региона, размер дома, финансовые возможности владельца и планируемый срок эксплуатации системы. Например, в крупных городах, где развита система газоснабжения, газовое отопление обычно остается наиболее экономически обоснованным выбором. В сельской местности или удаленных регионах электрическое отопление или использование древесины могут оказаться более практичными решениями [4]. Тепловые насосы представляют собой перспективные технологии, которые могут окупиться в долгосрочной перспективе, но требуют серьезного анализа целесообразности их применения в каждом конкретном случае.

Кроме того, необходимо учитывать специфику конкретного региона России, где будет эксплуатироваться система теплоснабжения. В северных областях страны, где зимы особенно суровы, требуется повышенная мощность отопительного оборудования

и дополнительные меры по теплоизоляции помещений. В южных регионах, напротив, можно рассмотреть более экономичные решения, такие как воздушные тепловые насосы или солнечные коллекторы. Также важным моментом является доступность топлива и сервисного обслуживания в конкретном районе. Например, в удаленных деревнях может быть сложно организовать регулярную доставку газа или твердого топлива, что делает электрические системы более предпочтительными.

Особое внимание стоит уделить вопросу энергоэффективности самого дома, так как качественная теплоизоляция позволяет значительно снизить затраты на отопление независимо от выбранного способа. Современные материалы и технологии позволяют создать высокоэффективную оболочку здания, что в сочетании с правильно подобранной системой отопления обеспечивает комфортное проживание при минимальных расходах [5].

Таким образом, экономическое сравнение различных вариантов отопления частного дома в России показывает, что оптимальный выбор зависит от множества факторов, включая географическое положение, доступность ресурсов и финансовые возможности потребителя. Каждый из рассмотренных методов имеет свои преимущества и недостатки, и окончательное решение должно основываться на всестороннем анализе всех возможных вариантов с учетом конкретных условий эксплуатации и долгосрочных перспектив.

References

1. Запорощенко, У. А. Оценка экономической целесообразности электроснабжения малого предприятия от собственного энергетического объекта / У. А. Запорощенко, А. Д. Ширяев // International Journal of Professional Science. – 2024. – № 5-2. – С. 14-23. – EDN GFIEOQ.
2. Липатов, М. С. Подбор оборудования для покрытия тепловых нагрузок частного жилого дома / М. С. Липатов, Я. В. Максимов // International Journal of Professional Science. – 2022. – № 9. – С. 113-121. – DOI 10.54092/25421085_2022_9_113. – EDN WZILQC.
3. Применение тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения / Н. Н. Гладышев, А. Д. Ширяев, О. А. Долженко, К. О. Кащеев // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2024. – № 4. – С. 61-65. – EDN EFZLNB.
4. Ширяев, А. Д. Повышение эффективности систем теплоснабжения: проблемы и решения / А. Д. Ширяев // International Journal of Professional Science. – 2023. – № 7. – С. 75-82. – EDN QEJTVN.
5. Исаков, А. П. Инновации в теплоизоляционных материалах / А. П. Исаков, М. С. Липатов // International Journal of Professional Science. – 2023. – № 7. – С. 41-48. – EDN VCRRLQ.

UDC 620.9

Kashcheev K.O., Fedoruk S.S., Shiryayev A.D. Small-scale energy in Russia: current state and development prospects

Малая энергетика в России: современное состояние и перспективы развития

Kashcheev Kirill Olegovich,

Master's student at the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Fedoruk Sofia Sergeevna,

Master's student at the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Shiryayev Alexander Dmitrievich,

Assistant of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Кащеев Кирилл Олегович,

Магистрант кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Федорук Софья Сергеевна,

Магистрант кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Ширяев Александр Дмитриевич,

Ассистент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. *This article examines current trends and potential directions for the development of small-scale energy in the Russian Federation. The main factors influencing the growth of this sector are analyzed, including the rising cost of electricity, high transmission costs, and the need to replace worn-out capacities. Special attention is given to the role of cogeneration as a cost-effective method for producing electric and thermal energy.*

Keywords: *small-scale energy, distributed generation, cogeneration, alternative energy sources, heat and power plant.*

Аннотация. *В данной статье анализируются актуальные тенденции и возможные направления развития малой энергетики в Российской Федерации. Анализируются основные факторы, влияющие на рост этой отрасли, такие как увеличение стоимости электрической энергии, высокие издержки при транспортировке энергии и необходимость замены изношенных мощностей. Особое внимание уделяется роли когенерации как экономически эффективного способа выработки электро- и тепловой энергии.*

Ключевые слова: *малая энергетика, распределенная генерация, когенерация, альтернативные источники энергии, теплоэлектростанция.*

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Малая распределенная энергетика в России представляет собой важное направление развития топливно-энергетического комплекса страны, которое стремительно набирает обороты. На текущий момент доля малой распределенной энергетике в России составляет около 7% от общего объема вырабатываемой электрической энергии, что в два раза ниже мирового показателя. Однако несмотря на это, данная отрасль уже зарекомендовала себя как перспективное направление и продолжает развиваться достаточно активно. По данным Росстата, в 2016 году в России функционировало около 36 тысяч станций мощностью не более 25 МВт, общей суммарной мощностью 13 ГВт, из которых около 8,5 ГВт используются в зоне децентрализованного энергоснабжения. Сравнивая с данными за 2006 год, можно отметить, что увеличение мощностей составило 3 ГВт.

Основная часть объектов малой энергетике в России – это тепловые станции, на которые приходится около 92% всех мощностей. Оставшиеся 8% составляют солнечные, ветряные и другие станции, работающие на альтернативных источниках энергии (рисунок 1) [1].

К 2017 году общую мощность объектов малой энергетике в России можно оценить на уровне 23-24 ГВт, причем доля малой распределенной энергетике в общем объеме выработки электрической энергии в стране достигла примерно 9-9,5%. Проекты в данной области в основном реализуются с использованием когенерации, представляющей собой процесс совмещения выработки электрической и тепловой энергии. Главным преимуществом когенерации является возможность утилизировать тепловую энергию, выделяющееся при производстве электроэнергии, что делает этот процесс экономически эффективным и позволяет повысить коэффициент полезного действия установок до 85-90% [2].

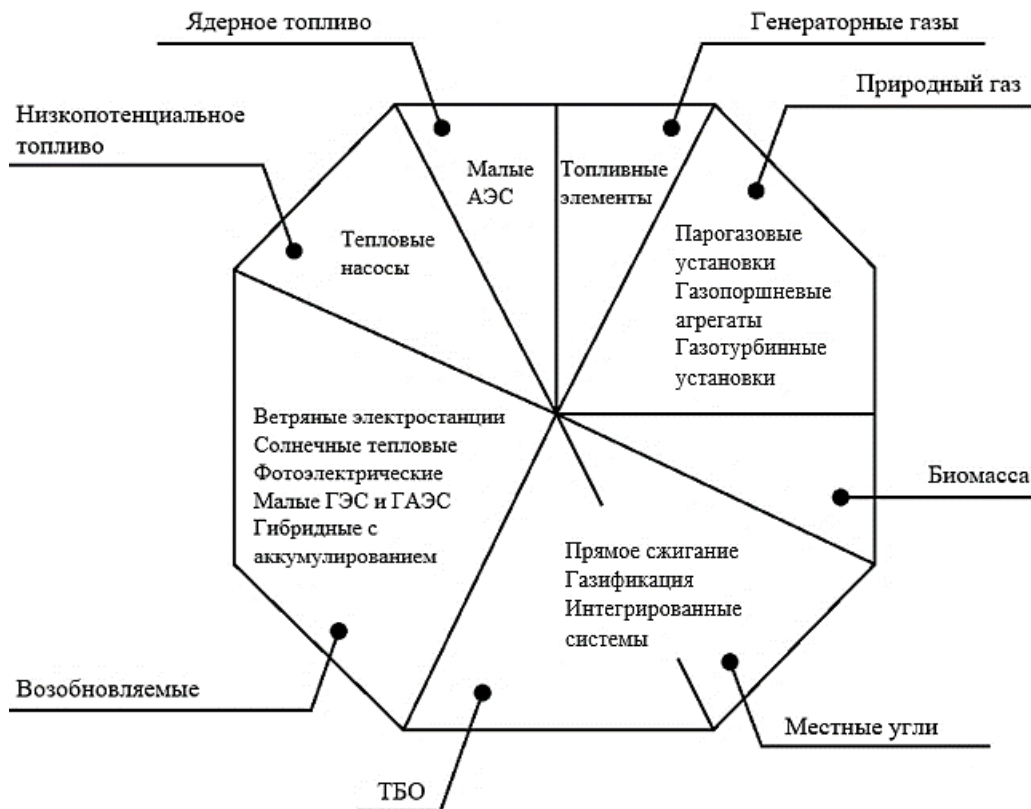


Рисунок 1. Ресурсы и состав технологий распределённой генерации энергии

Рост интереса к малой распределенной энергетике в России обусловлен рядом факторов. Одним из ключевых является быстрый рост стоимости электрической энергии. Другим важным фактором являются высокие издержки при транспортировке энергии, поскольку сетевые энергоснабжающие компании постоянно увеличивают тарифы на передачу энергии по магистральным и распределительным сетям. Кроме того, существуют проблемы с технологическими присоединениями: продолжительные сроки подключения, высокая стоимость, сложности согласования между субъектами электроэнергетики и даже отсутствие технической возможности осуществить подключение в некоторых случаях.

Особое внимание также уделяется развитию новых промышленных объектов и месторождений, расположенных вдали от централизованных систем энергоснабжения, таких как Камчатский край, Якутия и Сахалинская область.

Необходимость замены изношенных мощностей и повышение надежности энергоснабжения являются проблемами в энергетике РФ. Высокий уровень износа основного оборудования, частые аварии и плановые остановки оборудования требуют модернизации и внедрения современных технологий. Потенциал развития

распределенной когенерации в России определяется рядом факторов, включая увеличение потребности в тепловой энергии от централизованных источников [3]. Например, прогнозируется, что если весь прирост числа новых потребителей будет обеспечен только объектами малой распределенной энергетики, то их мощность может достичь 18 ГВт к 2035 году. Альтернативным вариантом является замена существующих котельных новыми объектами малой энергетики, что может полностью закрыть потребность в дополнительных генерирующих мощностях и привести к снижению выработки тепловой энергии, а электрическая мощность таких объектов может составить около 30 ГВт к 2035 году (рисунок 2).



Рисунок 2. Факторы развития малой распределенной энергетики России

Энергетическая стратегия России до 2035 года определяет общие характеристики и условия для развития распределенной генерации энергии, включая пути оптимизации и модернизации использования альтернативных источников энергии [4]. В рамках этой стратегии предполагается реализация устойчивой системы инноваций и нововведений в энергетике, модернизация оборудования и технологий, связанных с транспортировкой, передачей и распределением энергии. Особое внимание уделяется балансированию энергетической политики отдельных регионов России, что должно обеспечить устойчивое экономическое развитие энергетической отрасли путем ввода в эксплуатацию объектов, работающих на местных топливно-энергетических ресурсах. Это повысит обеспеченность и энергетическую независимость регионов.

Что касается экологической безопасности и климата, энергетическая стратегия предусматривает принятие мер по уменьшению количества вредных выбросов углекислого газа в атмосферу с учетом постоянного роста энергопотребления. Для достижения поставленных задач необходимо увеличить долю энергопотребления в пользу низкоуглеродных топлив и альтернативных источников энергии с 13% до 16%, сохраняя потребление природного газа на уровне 52-53%. Также планируется уменьшение доли использования нефтяных топливных ресурсов с 19,4% до 17% и снижение доли твердых топливно-энергетических ресурсов с 15,3% до 13% [5].

Согласно прогнозам, в энергетике России произойдут значительные изменения, связанные с внедрением передовых технологий не только в производство, но и в потребление и транспортировку тепловой и электрической энергии [6]. Особое внимание уделяется оптимизации и развитию малой распределенной энергетики при использовании низкоуглеродных или безуглеродных топливно-энергетических ресурсов и автоматизации энергетических систем. Перспективный план развития топливно-энергетического комплекса России предполагает рост производства электрической энергии к 2035 году, что обеспечит увеличение мощностей тепловых электростанций (ТЭС). При этом доля ТЭС в производстве электрической и тепловой энергии снизится незначительно, всего на 2%, но останется на том же уровне. Модернизация ТЭС будет направлена на повышение уровня и качества теплофикации посредством введения автономной распределенной когенерации.

Удельный расход топлива, требуемый для выработки электрической и тепловой энергии, согласно благоприятному сценарию развития энергетики, снизится на 12%. Это приведет к уменьшению доли потребления традиционных ископаемых топлив. На станциях, применяющих альтернативные источники энергии, ожидается масштабное развитие, направленное на усовершенствование технологий, снижение вредных выбросов в атмосферу и ограничение роста потребления традиционного ископаемого топлива. Однако использование альтернативных источников энергии в России сталкивается с экономическими трудностями, особенно в регионах с хорошо развитым централизованным энергоснабжением. Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на станциях с альтернативными источниками энергии, в среднем в 3-5 раз выше, чем на парогазовых теплоэлектроцентралях [8]. Предсказываемое удешевление электро-генерации на ветровых электростанциях и солнечных электростанциях сократит это соотношение до 2-2,5 раз, но для большинства регионов России электроэнергия от альтернативных источников останется дорогой из-за неблагоприятных природно-климатических условий и сравнительно низких цен на топливо.

Затраты на внедрение альтернативных источников энергии в централизованную энергетическую систему остаются высокими, что требует ввода дополнительных дублирующих мощностей, таких как газотурбинные или газопоршневые установки, для обеспечения бесперебойного энергоснабжения. Учитывая эти факторы, стоимость электрической энергии, получаемой от станций с применением технологий альтернативных источников, будет расти. Инвестиции в систему централизованного теплоснабжения останутся на уровне прошедших пяти лет, тогда как затраты на распределенную автономную энергетику возрастут на 20%, а на системы, использующие альтернативные источники энергии, - на 30%. Тем не менее в общем топливно-энергетическом балансе страны данные затраты составят около 12-13% от общих инвестиций в энергоснабжение.

В будущем энергетическая система России будет характеризоваться применением традиционных ископаемых видов топлива, хотя цены на газ будут расти, а безуглеродные ресурсы станут более актуальными при снижении доли использования жидких топлив. Малая распределенная энергетика остается актуальной отраслью энергетического баланса России благодаря своим преимуществам, таким как меньшая стоимость проектно-изыскательных работ и более короткий срок окупаемости, что делает мини-ТЭС более привлекательными по сравнению с крупными станциями.

References

1. Малая энергетика [Электронный ресурс]. URL: <https://enpowertech.ru/blog/malaya-energetika> (дата обращения 10.01.2025).
2. Липатов, М. С. Развитие когенерации на базе существующих котельных / М. С. Липатов // Энергетика и автоматизация в современном обществе: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 06 ноября 2018 года. – Санкт-Петербург: СПбГУПТД, 2018. – С. 151-153. – EDN ZAOLSH.
3. Влияние регулирования отбора теплоносителя из тепловой сети на эффективность централизованного теплоснабжения / Н. Н. Гладышев, А. Д. Ширяев, О. А. Долженко, К. О. Кащеев // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2024. – № 3. – С. 10-14. – EDN DSIWSE.
4. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 года № 1523-р (ред. от 21.10.2024 года) «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года».
5. Исаков, А. П. Тенденции внедрения инноваций в зелёную энергетику России / А. П. Исаков, М. С. Липатов // Экономические исследования и разработки. – 2023. – № 7. – С. 15-23. – EDN RUZGXR.

6. Ширяев, А. Д. Повышение эффективности систем теплоснабжения: проблемы и решения / А. Д. Ширяев // International Journal of Professional Science. – 2023. – № 7. – С. 75-82. – EDN QEJTVN.

7. Кащеев, К. О. Перспективность применения гибридных энергосистем на основе возобновляемых источников энергии / К. О. Кащеев, А. Д. Ширяев // International Journal of Professional Science. – 2024. – № 4-2. – С. 6-13. – EDN NARETQ.

8. Ширяев, А. Д. Целесообразность развития возобновляемой энергетики в городе Санкт-Петербурге / А. Д. Ширяев, К. А. Крюков // Оригинальные исследования. – 2022. – Т. 12, № 10. – С. 253-258. – EDN ELKGLK.

UDC 504.06

Mitrokhin E.P. Research of environmental problems in the Kaliningrad region and development of ways to solve them

Исследование экологических проблем в Калининградской области и разработка способов их решения

Mitrokhin Egor Pavlovich,

Student of class 8A, School of the Future
(Bolshoe Isakovo, Kaliningrad region)

Scientific Director - Manzhura Elena Vladimirovna

Geography teacher MBOU secondary school School of the Future

Митрохин Егор Павлович,

Учащийся 8А класса,

МБОУ СОШ Школа Будущего

(пос.Большое Исаково, Калининградская область)

Научный руководитель - Манжура Елена Владимировна

учитель географии МБОУ СОШ Школа Будущего

Abstract. *The Kaliningrad Region, being an exclave region of Russia, is facing a number of serious environmental problems that require an integrated approach to their solution. This study provides an analysis of the environmental situation in the region, as well as suggests ways to solve existing problems.*

Keywords: *ecology, soil pollution, water pollution, air pollution, Kaliningrad region*

Аннотация. *Калининградская область, являясь эксклавным регионом России, сталкивается с рядом серьезных экологических проблем, которые требуют комплексного подхода к их решению. В данном исследовании приводится анализ экологической ситуации в регионе, а также предложены способы решения имеющихся проблем.*

Ключевые слова: *экология, загрязнения почвы, загрязнения воды, загрязнение воздуха, Калининградская область*

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Калининградская область, являясь эксклавным регионом России, сталкивается с рядом серьезных экологических проблем, которые требуют комплексного подхода к их решению.

К числу значимых региональных экологических проблем относятся загрязнения воды, воздуха, почвы, а также проблемы с вывозом мусора на полигоны – вывоз за границу запрещен, а территория непосредственно области не позволяет в достаточном объеме мусор захоранивать. Эти проблемы не только угрожают экосистеме, но и негативно сказываются на здоровье населения и экономическом развитии.

Одной из наиболее острых проблем является загрязнение рек, озер и заливов. Регион выходит к побережью Балтийского моря, на территории региона расположены

38 озер, 339 рек, а также рукотворные карьеры и иные водоемы. Река Преголя, которая протекает непосредственно в Калининграде, ежедневно получает около 200,000 кубических метров сточных вод, содержащих значительное количество органических веществ и взвешенных частиц [1]. Это приводит к снижению концентрации кислорода в воде и обеднению флоры и фауны. Для решения этой проблемы необходимо модернизировать очистные сооружения и внедрять современные технологии очистки сточных вод.

По данным Министерства природных ресурсов и экологии только 14% отходов, которые производит область, сортируются (70 тысяч тонн из 500 тыс. тонн). Планируется, что к 2030 году все 100% отходов будут сортироваться, при этом планируется, что 25% мусора будет возвращаться после переработки в производство различного профиля. Однако, учитывая текущее состояние вопроса в регионе, данные планы выглядят крайне оптимистичными. При этом несанкционированные свалки твердых бытовых отходов и нерациональное использование удобрений в сельском хозяйстве наносят значительный ущерб экосистеме региона [2].

Загрязнение воздуха в Калининградской области происходит в основном из-за выбросов автотранспорта и промышленных предприятий. Несмотря на снижение выбросов на 25,6% за последний год [3], проблема остается актуальной. По данным на 21 сентября 2024 года, Калининград занял первое место в рейтинге городов России по уровню загрязнения воздуха [4]. Необходимы меры по улучшению качества воздуха, такие как переход на экологически чистый транспорт и внедрение систем фильтрации на предприятиях.

Изменение природных ландшафтов также вызывает беспокойство. И это связано, в том числе, с ростом туристического потока в регионе. По данным статистики число туристов в 2024 году составило не менее 2 млн. человек. Средний возраст туриста в текущем году составил 41 год, причем мужчины составляют около 40 %, а женщины – 60 % от общего числа путешественников. Большая часть гостей приезжает из Москвы, Московской области и Санкт-Петербурга, а также из Ленинградской, Белгородской, Саратовской, Свердловской областей и Краснодарского края [5]. Растущее количество туристов, очевидно, ведет к дополнительной нагрузке не природные и городские объекты, дополнительно увеличивая риски экологии в регионе. Кроме того, активная добыча полезных ископаемых, лесные пожары и неэффективное использование земель приводят к утрате биоразнообразия [3]. Важно проводить рекультивацию нарушенных земель и создавать охраняемые природные территории.

Способы решения экологических проблем

1. Создание современных очистных систем и сооружений.

2. Развитие систем сортировки и переработки отходов.
3. Рекультивация земель, в том числе ранее осушенных под болотами.
4. Дифференциация транспортных систем, переход на экотранспорт.

Таким образом, решение экологических проблем Калининградской области требует комплексного подхода. Реализация предложенных мер позволит значительно улучшить экологическую ситуацию в регионе и создать здоровую среду для будущих поколений.

References

1. Экология Калининградской области [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dishisvobodno.ru/ekologiya-kaliningradskoy-oblasti.html> (дата обращения: 05.02.2025).
2. Сортировка на калининградских полигонах ТБО даёт всего 2% полезной фракции [Электронный ресурс]. URL: <https://www.newkaliningrad.ru/news/briefs/community/24118336-sortirovka-na-kaliningradskikh-poligonakh-tbo-dayet-vsego-2-poleznoy-fraktsii.html> (дата обращения: 05.02.2025).
3. [Электронный ресурс]. URL: <https://infourok.ru/ekologiya-kaliningradskoj-oblasti-prezentaciya-5306583.html> (дата обращения: 05.02.2025).
4. На каком месте Калининград по экологии. Экологическая ситуация в Калининграде: сложная картина [Электронный ресурс]. URL: <https://telegra.ph/Nakakom-meste-Kaliningrad-po-ehkologii-EHkologicheskaya-situaciya-v-Kaliningrade-slozhnaya-kartina-01-01> (дата обращения: 05.02.2025).
5. В Калининградской области подвели предварительные итоги туристского сезона 2024 года [Электронный ресурс]. URL: <https://gov39.ru/press/372718/> (дата обращения: 05.02.2025).

UDC 621.187

Nashuk D.S., Moskalenko P.A., Lipatov M.S. Decarbonization technologies for thermal power engineering

Технологии декарбонизации для теплоэнергетики

Nashuk Dmitriy Sergeevich,

Student of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Moskalenko Pavel Anatolievich,

Master's student of the Department of Information and Measuring
Technologies and Control Systems,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Lipatov Maxim Sergeevich,

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Нашук Дмитрий Сергеевич,

Студент кафедры теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и
дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Москаленко Павел Анатольевич,

Магистрант кафедры информационно-измерительных
технологий и систем управления,

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и
дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Липатов Максим Сергеевич,

Ст. преподаватель кафедры теплосиловых установок и тепловых двигателей, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

***Abstract.** The paper examines modern technologies for decarbonization of thermal energy, which is a key sector for achieving sustainable development goals, reducing greenhouse gas emissions and improving energy efficiency.*

***Keywords:** energy, decarbonization, energy efficiency, energy conservation, cogeneration.*

***Аннотация.** В работе рассматриваются современные технологий декарбонизации теплоэнергетики, являющейся ключевым сектором для достижения целей устойчивого развития, снижения выбросов парниковых газов и повышение энергоэффективности.*

***Ключевые слова:** энергетика, декарбонизация, энергоэффективность, энергосбережение, когенерация.*

Рецензент: Мартеха Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент.
Доцент ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

В условиях глобального изменения климата и растущей потребности в устойчивом развитии, декарбонизация теплоэнергетики становится одним из ключевых приоритетов современной энергетики. Теплоэнергетика, обеспечивающая наши дома, офисы и предприятия теплом, играет значительную роль в выбросах парниковых газов, в частности, углекислого газа (CO₂). Снижение этих выбросов, или декарбонизация, требует комплексного подхода, включающего внедрение инновационных технологий, оптимизацию существующих систем и изменение подходов к управлению тепловыми ресурсами. Настоящая статья рассматривает современные технологии, направленные на декарбонизацию теплоэнергетики, оценивает их потенциал, ограничения, а также обсуждает перспективы внедрения в России, учитывая особенности климата, экономики и доступных ресурсов.

Суть декарбонизации заключается в снижении углеродного следа процессов производства, передачи и потребления тепла. Это достигается за счет замены традиционных источников энергии, работающих на ископаемом топливе: уголь, мазут, природный газ – на более экологичные альтернативы, а также за счет повышения эффективности использования энергии на всех этапах – от генерации до конечного потребителя. Необходимо понимать, что переход к низкоуглеродной теплоэнергетике – это не только техническая, но и экономическая задача, требующая значительных инвестиций, государственной поддержки и активного вовлечения всех заинтересованных сторон.

Одним из основных направлений декарбонизации является повышение энергоэффективности. Это означает снижение потребления энергии для производства единицы тепла. Существует множество способов достижения этой цели: модернизация устаревшего оборудования на более эффективное, оптимизация работы тепловых сетей для снижения потерь тепла, внедрение современных систем управления и мониторинга энергопотребления, а также улучшение теплоизоляции зданий. Примером может служить замена старых котлов на современные когенерационные установки, которые одновременно производят тепло и электроэнергию, что позволяет значительно повысить общий КПД использования топлива [1]. Это особенно актуально для крупных городов и промышленных центров, где потребность в тепле и электроэнергии высока.

Когенерация, как уже упоминалось, представляет собой эффективный способ повышения энергоэффективности и снижения выбросов CO₂. Она позволяет значительно сократить потери энергии по сравнению с отдельным производством тепла и электроэнергии. Когенерационные установки используют различные виды топлива: природный газ, биогаз, биомасса – для одновременной выработки тепла и электроэнергии. Отходящее тепло от турбины или двигателя используется для

отопления, горячего водоснабжения или технологических нужд. Преимущества когенерации включают высокий общий КПД, до 85-90% и выше, снижение выбросов CO₂ по сравнению с раздельным производством тепла и электроэнергии, повышение надежности энергоснабжения и снижение эксплуатационных затрат. Когенерация находит широкое применение в системах централизованного теплоснабжения, на промышленных предприятиях, в зданиях и сооружениях различного назначения [2]. Важно отметить, что выбор типа когенерационной установки (паровая турбина, газовая турбина, поршневой двигатель) зависит от конкретных условий эксплуатации и доступности топлива (Рис. 1).

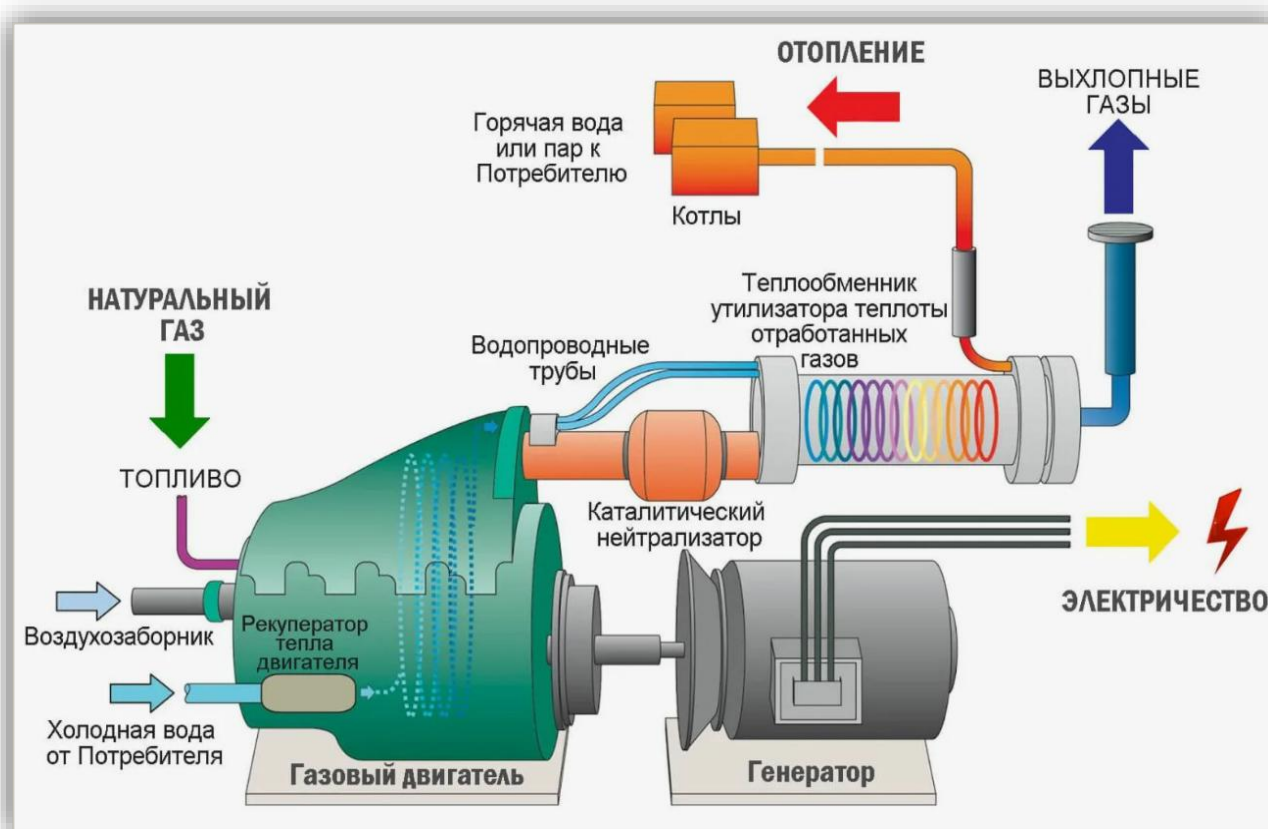


Рисунок. 1. Когенерационная установка с газовым двигателем

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) играют важную роль в декарбонизации теплоэнергетики. Солнечная тепловая энергия, геотермальная энергия и биомасса представляют собой экологически чистые альтернативы ископаемому топливу. Солнечные коллекторы, установленные на крышах зданий, могут использоваться для нагрева воды и обеспечения горячего водоснабжения, что снижает потребность в газе или электроэнергии. Геотермальные тепловые насосы, использующие тепло земли,

могут обеспечить эффективное отопление и охлаждение зданий. Биомасса, получаемая из отходов сельского хозяйства и лесной промышленности, может использоваться для производства тепла и электроэнергии на биоэлектростанциях. Использование ВИЭ в теплоэнергетике способствует снижению выбросов парниковых газов и уменьшает зависимость от импорта ископаемого топлива, что особенно актуально для регионов, богатых возобновляемыми ресурсами.

Тепловые насосы, как эффективное средство использования возобновляемой энергии, заслуживают отдельного внимания. Они позволяют использовать низкопотенциальное тепло окружающей среды: воздуха, воды, земли - для отопления и горячего водоснабжения. Тепловые насосы работают по принципу холодильной машины, перенося тепло от более холодного источника к более теплому потребителю (Рис. 2). Хотя тепловые насосы потребляют электроэнергию, они производят значительно больше тепла, чем потребляют энергии, что делает их эффективным и экологичным решением для отопления. Их широкое применение ограничивается стоимостью оборудования, климатическими условиями, эффективность тепловых насосов снижается при низких температурах, и необходимостью в квалифицированном обслуживании, но с развитием технологий и снижением цен, тепловые насосы становятся все более привлекательными [3]. Развитие технологий тепловых насосов, в частности, разработка более эффективных компрессоров и теплообменников, а также использование низкотемпературных источников тепла, будет способствовать расширению их применения в будущем.

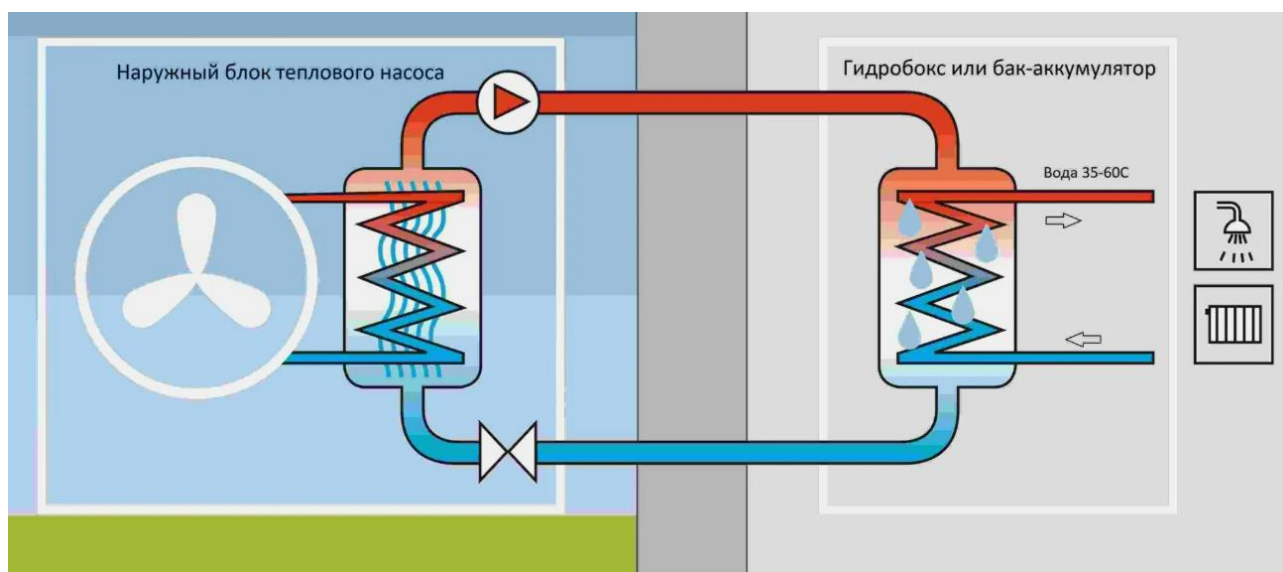


Рисунок. 2. Схема теплового насоса «воздух-вода»

Переход на низкоуглеродное топливо также является важным шагом на пути к декарбонизации. Природный газ, хотя и является ископаемым топливом, имеет меньший углеродный след по сравнению с углем и мазутом. Использование природного газа в качестве переходного топлива позволяет снизить выбросы CO₂ в краткосрочной перспективе. В будущем, водород может стать перспективным низкоуглеродным топливом для теплоэнергетики, особенно если он производится с использованием возобновляемых источников энергии. Водород может использоваться для производства тепла и электроэнергии в когенерационных установках, турбинах и топливных элементах. Однако, переход на водород требует развития соответствующей инфраструктуры для производства, транспортировки и хранения водорода, а также модификации существующего оборудования. Производство “зеленого” водорода, основанное на электролизе воды с использованием ВИЭ, является наиболее перспективным способом снижения углеродного следа при его использовании.

Технологии улавливания и хранения углерода представляют собой перспективное, хотя и дорогостоящее решение для декарбонизации крупных тепловых электростанций и промышленных предприятий. Такие технологии позволяют улавливать CO₂ из дымовых газов, транспортировать его и захоранивать в геологических формациях, предотвращая его попадание в атмосферу [4]. Процесс включает в себя несколько этапов: улавливание CO₂ из дымовых газов. Например, с использованием абсорбции, адсорбции или мембранных технологий. транспортировка CO₂ по трубопроводам или другими способами, и захоронение CO₂ в подходящих геологических формациях, например, истощенные нефтяные месторождения, глубоководные солевые пласты (Рис. 3). Однако, широкое внедрение технологий улавливания и хранения углерода требует значительных инвестиций в инфраструктуру, включая создание специальных установок для улавливания CO₂, трубопроводов для его транспортировки и хранилищ для захоронения. Кроме того, вызывает опасения по поводу безопасности захоронения CO₂, хотя исследования показывают, что при правильном подходе риск утечек минимален. Важным аспектом технологии является оценка экономических затрат и экологических рисков, а также разработка эффективной системы мониторинга захороненного CO₂.

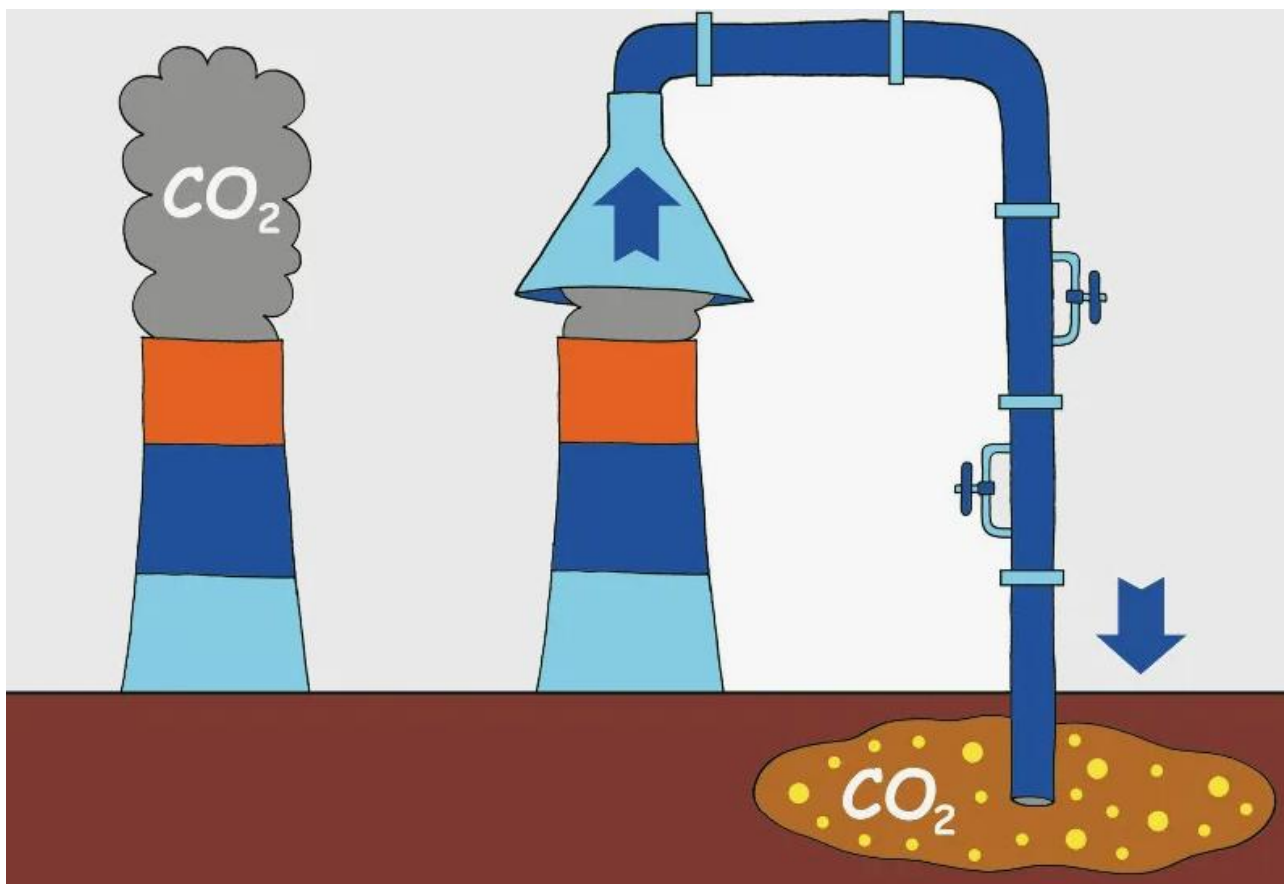


Рисунок. 3. Схема технологии улавливания и хранения углерода

В России внедрение технологий декарбонизации сталкивается с рядом проблем. Высокая стоимость новых технологий, недостаток квалифицированных кадров, отсутствие четкой нормативной базы и стимулирующих мер, а также сопротивление традиционных игроков рынка сдерживают переход к низкоуглеродной теплоэнергетике [5]. Необходимо вкладывать средства в переподготовку кадров, разработку отечественного оборудования и стимулировать интерес частных инвесторов. Модернизация существующей инфраструктуры, ограниченный доступ к финансированию и низкая осведомленность населения также являются препятствиями. Важно учитывать региональные особенности, такие как климат, наличие ресурсов и развитость инфраструктуры при выборе технологий и стратегий декарбонизации.

Государственная поддержка является ключевым фактором для успешной декарбонизации теплоэнергетики. Разработка и реализация целевых программ поддержки, включающих субсидии, налоговые льготы, льготные кредиты и другие стимулы для внедрения технологий декарбонизации, может значительно ускорить этот процесс. Необходимо создание благоприятного инвестиционного климата, привлечение

частных инвестиций и поддержка отечественных производителей оборудования и технологий. Кроме того, требуются инвестиции в подготовку и переподготовку квалифицированных кадров, способных проектировать, строить и эксплуатировать современные энергоэффективные системы. Государственное регулирование тарифов, стимулирующее снижение выбросов, также может способствовать декарбонизации.

В заключение, декарбонизация теплоэнергетики является сложной, но необходимой задачей для достижения целей устойчивого развития и борьбы с изменением климата. Внедрение инновационных технологий, таких как когенерация, тепловые насосы, солнечная тепловая энергия, биомасса и Технологии улавливания и хранения углерода, в сочетании с повышением энергоэффективности и государственной поддержкой, позволит создать более устойчивую и экологически чистую теплоэнергетическую отрасль. Активное участие в этом процессе как государственных, так и частных компаний, а также осознанное потребление энергии каждым гражданином, являются залогом успешной декарбонизации теплоэнергетики в России. Успешная декарбонизация требует комплексного подхода, включающего технологические инновации, экономические стимулы и изменение менталитета потребителей.

References

1. Ширяев, А. Д. Повышение эффективности систем теплоснабжения: проблемы и решения / А. Д. Ширяев // International Journal of Professional Science. – 2023. – № 7. – С. 75-82. – EDN QEJTVN.
2. Шаров А.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 469 с.
3. Ермаков А.П. Энергоэффективные технологии в теплоэнергетике. – М.: Издательство МЭИ, 2019. – 312 с.
4. Каплун, Ю. А. Необходимость декарбонизации ТЭК РФ, как наиболее углеродоемкой отрасли, с учетом мировой климатической повестки и других целей устойчивого развития / Ю. А. Каплун, Е. М. Лисин // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2024. – № 7(235). – С. 11-18.
5. Молокова, Е. И. Технологии снижения углекислого газа в атмосфере / Е. И. Молокова // XXI век. Техносферная безопасность. – 2023. – Т. 8, № 3(31). – С. 212-227.

UDC 621.577

Soloviev I.S., Lipatov M.S. Use of heat pumps in the cooling system of electric generators

Использование тепловых насосов в системе охлаждения электрогенераторов

Solovyov Ivan Sergeevich,

Student of the Department of Industrial Heat Engineering,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Lipatov Maxim Sergeevich,

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Соловьев Иван Сергеевич,

Студент кафедры промышленной теплоэнергетики,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и
дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Липатов Максим Сергеевич,

Ст. преподаватель кафедры теплосиловых установок и тепловых двигателей, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. *This paper discusses innovative approaches to improving the efficiency of cooling of electric generators using heat pumps. The main attention is paid to analyzing the principles of heat pumps operation and their integration into generator cooling systems. The advantages of heat pumps application are described, such as reduction of energy costs, improvement of equipment reliability and durability, as well as reduction of environmental impact. The article also includes an overview of modern technologies and practical examples of heat pump implementation in the energy sector.*

Keywords: *energy efficiency, industry, heat power, modernization, system integration.*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются инновационные подходы к повышению эффективности охлаждения электрогенераторов с использованием тепловых насосов. Основное внимание уделяется анализу принципов работы тепловых насосов и их интеграции в системы охлаждения генераторов. Описаны преимущества применения тепловых насосов, такие как снижение энергозатрат, повышение надежности и долговечности оборудования, а также уменьшение воздействия на окружающую среду. Статья также включает обзор современных технологий и практических примеров внедрения тепловых насосов в энергетическом секторе.*

Ключевые слова: *энергоэффективность, промышленность, теплоэнергетика, модернизация, интеграция систем.*

Рецензент: Мартеха Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент.
Доцент ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Тепловые электростанции принципиально делятся на конденсационные электростанции (КЭС) и тепловые электростанции (ТЭС), в зависимости от их назначения. КЭС предназначена только для выработки электрической энергии, в то время как ТЭС специализируется на выработке не только электрической энергии, но и

тепловой, в виде горячей воды и/или пара. На российских ТЭС преимущественно используется органическое топливо, которое имеет устойчивую тенденцию к удорожанию, поэтому важным направлением развития отечественной энергетики является повышение эффективности топливоиспользования ТЭС. Одним из способов реализации данного направления является внедрение тепловых насосов на ТЭС.

В 2022 году в России было выработано электроэнергии 1170 млрд. кВт·ч, из них 738 млрд. кВт·ч на ТЭС, 199 млрд. кВт·ч на ГЭС, 224 млрд. кВт·ч на АЭС и 9 млрд. кВт·ч с использованием возобновляемых источников энергии. В процессе производства электроэнергии колоссальное количество низкопотенциальной энергии не используется и выбрасывается в окружающую среду, поэтому следует сократить выбросы низкопотенциальной энергии, путём использования вспомогательного оборудования, что как минимум приведёт к уменьшению выбросов тепла, а в лучшем случае и к увеличению производства электрической и/или тепловой энергии. В ходе работы станции образуется большое количество вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), эксергия которых теряется. Бывают высокопотенциальные и низкопотенциальные ВЭР, к высокопотенциальным относятся потери с уходящими газами, к низкопотенциальным потери с охлаждающей водой при конденсации рабочего тела в конденсаторе.

Использование ВЭР возможно с помощью специального утилизационного оборудования, например, для утилизации высокопотенциальных ВЭР используют котлы утилизаторы, а для низкопотенциальных ВЭР – тепловые насосы. В системе охлаждения электрогенераторов низкопотенциальная теплота отводится в окружающую среду с охлаждающей водой из системы технического водоснабжения. В данном случае, можно рассмотреть подключение контура с тепловым насосом, который будет греть сетевую воду, за счёт использования ВЭР после системы охлаждения электрогенераторов. Данный способ не только позволит снизить тепловые выбросы в окружающую среду, но и увеличит теплоотпуск от ТЭЦ [1].

Тепловой насос - это устройство, которое играет ключевую роль в управлении тепловой энергией на предприятии. Его основная функция заключается в перемещении тепловой энергии из одной области в другую, что позволяет оптимизировать работу различных систем на ТЭЦ, таких как системы отопления и охлаждения. Это достигается за счёт использования принципов термодинамики, которые позволяют тепловому насосу эффективно извлекать тепло из одного источника и передавать его другому.

Тепловые насосы могут использоваться для отопления и охлаждения различных компонентов ТЭЦ, включая электрогенераторы. В процессе отопления тепловые насосы могут извлекать избыточное тепло, которое обычно теряется в процессе

использованию энергии и снижению потребления топлива, тепловые насосы помогают уменьшить выбросы парниковых газов и других вредных веществ, способствуя экологической устойчивости предприятия [3].

Система охлаждения электрогенератора представляет собой несколько контуров охлаждающих сред. Первый контур охлаждает непосредственно электрогенератор, отводит теплоту от нагревающихся элементов, второй же контур необходим для отвода теплоты от охлаждающего агента, если не отводить теплоту из первого контура, то охлаждающий агент первого контура со временем нагреется и перестанет охлаждать, что приведёт к перегреву электрогенератора и как следствие к неработоспособному состоянию. В качестве охлаждающих агентов в электрогенераторах применяется воздух, водород, дистиллированная вода и трансформаторное масло.

В основном применяют жидкостное или газовое охлаждение. Газовое включает в себя использование воздуха или водорода в качестве охладителя. Так как водород взрывоопасен и для хранения необходимо поддерживать в сжатом состоянии, поэтому исходя из требований безопасности и простоты использования, применяют воздух.

Охлаждение электрогенераторов может осуществляться путём отвода теплоты от проводников обмотки по каналам или косвенно от поверхности ротора и статора. В процессе охлаждения воздух забирает теплоту с элементов генератора и как следствие нагревается. Теплоту необходимо отводить, для этого на ТЭС используют водо-водяные теплообменники, которые забирают теплоту из воздуха, и затем дальше эта теплота сбрасывается в градирни, тем самым воздух в теплообменниках охлаждается, и затем дальше используется для охлаждения электрогенератора. Используемый воздух для охлаждения должен быть обеспылен, поэтому нельзя использовать воздух из помещения, так как даже небольшое количество пыли, способно за короткое время вывести систему охлаждения из строя.

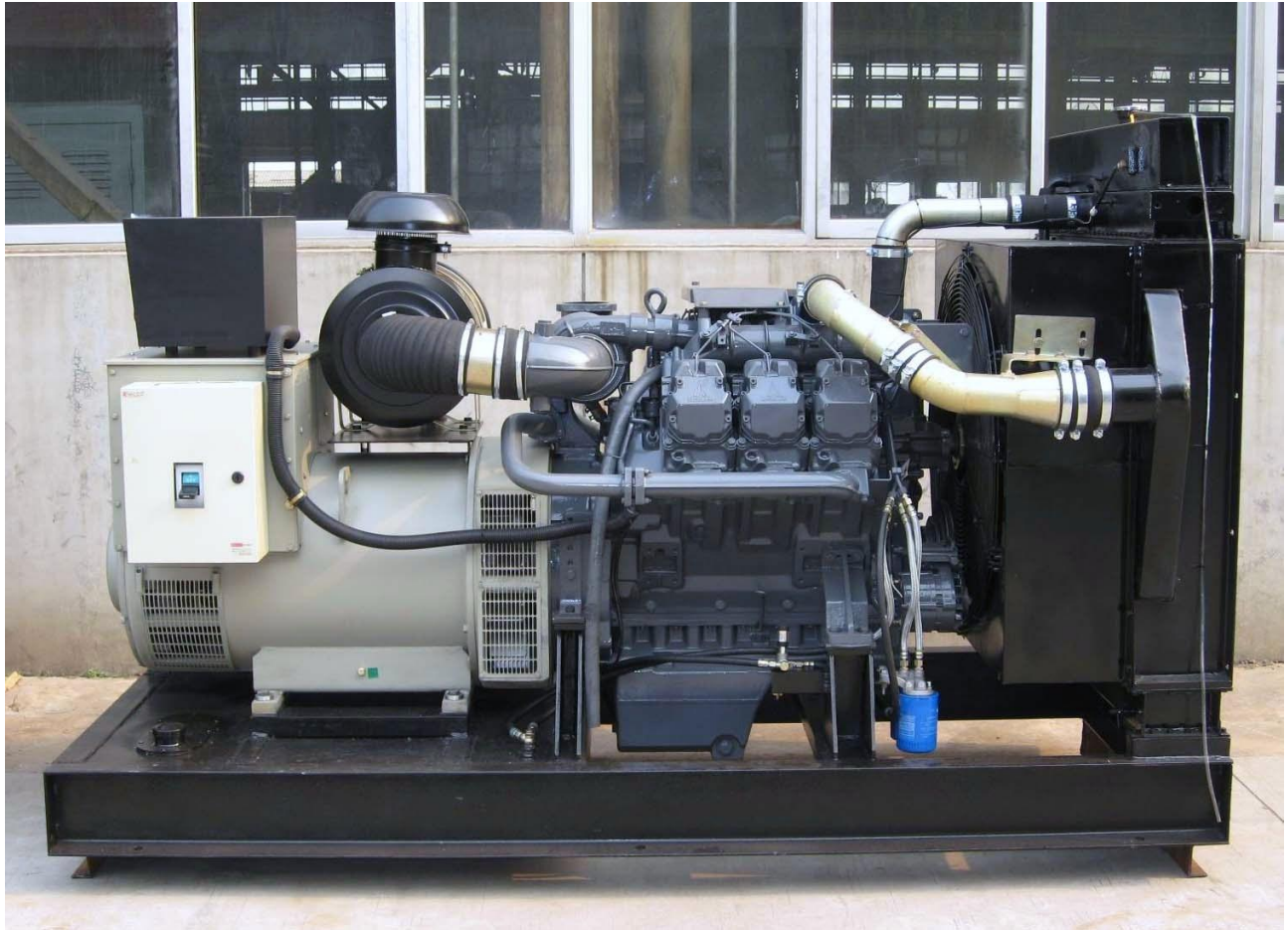


Рисунок 2. Генератор с воздушной системой охлаждения.

Что касается жидкостного охлаждения, то используют дистиллированную воду или трансформаторное масло. Система водяного охлаждения должна быть оборудована: трубопроводами подачи и слива дистиллята, основными резервными насосами дистиллята, механическими, магнитными и ионитными фильтрами дистиллята от газовых примесей, расширительным баком с защитой дистиллята от внешней среды, основными и резервными теплообменниками для охлаждения дистиллята, предупредительной сигнализацией и защитой, контрольно-измерительными приборами и реле автоматики для контроля и управления системой водяного охлаждения и управления системой водяного охлаждения, устройствами обнаружения утечки водорода в тракт водяного охлаждения обмоток статора, контрольными трубками с кранами (для удаления воздуха из системы водяного охлаждения обмотки статора во время заполнения её дистиллятом) [4].

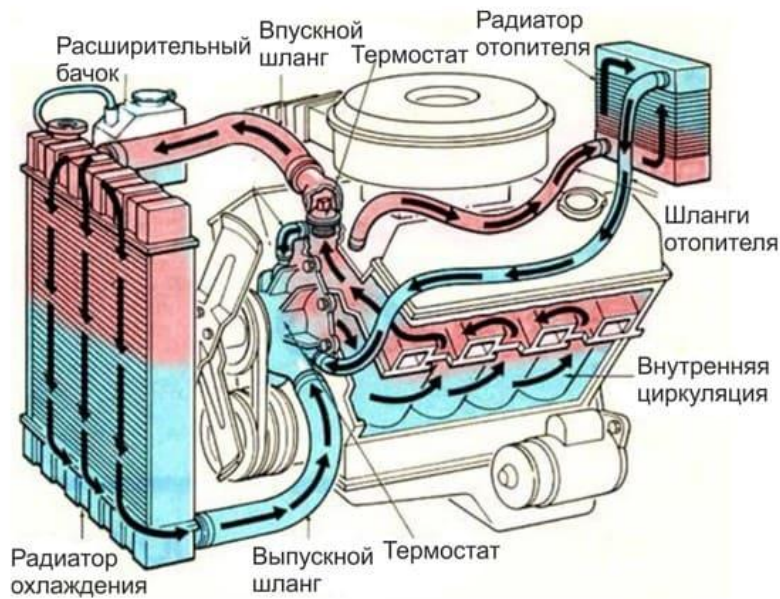


Рисунок 3. Принцип работы генератора на жидкостном охлаждении

Парокомпрессионный тепловой насос является одной из наиболее распространенных и эффективных систем для охлаждения электрогенераторов. Его работа основана на использовании хладагента, который циркулирует в замкнутом контуре и проходит через четыре основных этапа: испарение, сжатие, конденсация и расширение.

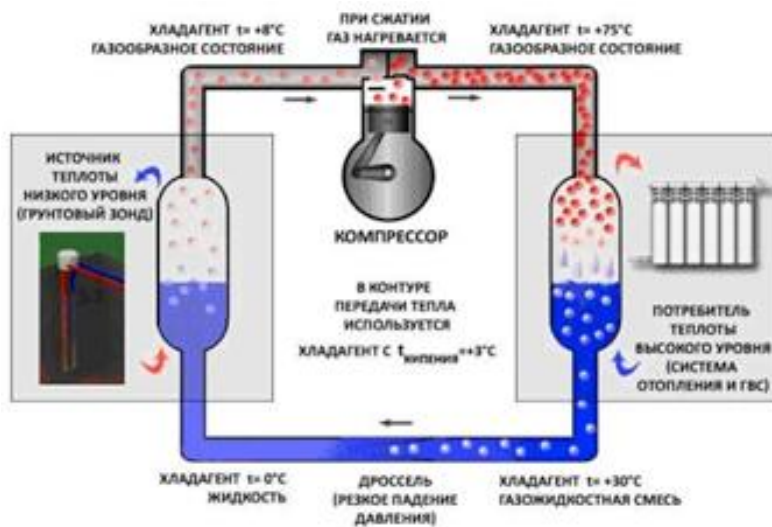


Рисунок 4. Схема работы парокомпрессионного теплового насоса

На этапе испарения хладагент в жидком состоянии поступает в испаритель, расположенный рядом с электрогенератором. В испарителе хладагент поглощает избыточное тепло, выделяемое генератором, и испаряется, переходя в газообразное состояние. Этот процесс сопровождается поглощением большого количества тепла, что позволяет эффективно охлаждать генератор. Затем газообразный хладагент направляется в компрессор, где он сжимается, что приводит к значительному повышению его давления и температуры. Сжатый и нагретый хладагент выходит из компрессора и направляется к конденсатору. В конденсаторе горячий газообразный хладагент отдает тепло окружающей среде или другой системе, где это тепло может быть полезно использовано. В процессе отдачи тепла хладагент охлаждается и конденсируется, переходя обратно в жидкое состояние. Конденсация сопровождается выделением тепла, которое может быть использовано для обогрева помещений или для других нужд. После этого жидкий хладагент проходит через расширительный клапан, где его давление и температура снижаются. Охлажденный хладагент снова поступает в испаритель, и цикл повторяется [5].

Абсорбционный тепловой насос является альтернативной системой охлаждения, использующей тепло для приведения в действие цикла охлаждения, что особенно полезно в условиях, где доступно избыточное тепло. Работа абсорбционного теплового насоса включает четыре основных этапа: испарение, абсорбция, десорбция и конденсация.

На этапе испарения хладагент, обычно вода или аммиак, испаряется в испарителе, поглощая тепло от электрогенератора. Этот процесс охлаждает генератор, так как тепло, выделяемое им, используется для испарения хладагента. Затем газообразный хладагент направляется в абсорбер, где он смешивается с абсорбентом, например, раствором воды и бромида лития или раствором аммиака и воды. В абсорбере происходит процесс абсорбции, при котором хладагент поглощается абсорбентом, образуя раствор. Этот процесс сопровождается выделением тепла, которое отводится с помощью системы охлаждения. Образовавшийся раствор направляется в генератор, где он нагревается внешним источником тепла, например, паром или горячей водой. При нагреве хладагент выделяется из раствора в виде пара, оставляя концентрированный абсорбент. Этот процесс называется десорбцией. Пары хладагента затем направляются в конденсатор. В конденсаторе пары хладагента охлаждаются и конденсируются, переходя обратно в жидкое состояние. Конденсированная жидкость затем возвращается в испаритель через расширительный клапан или дроссель, где её давление и температура снижаются, и цикл повторяется [6].

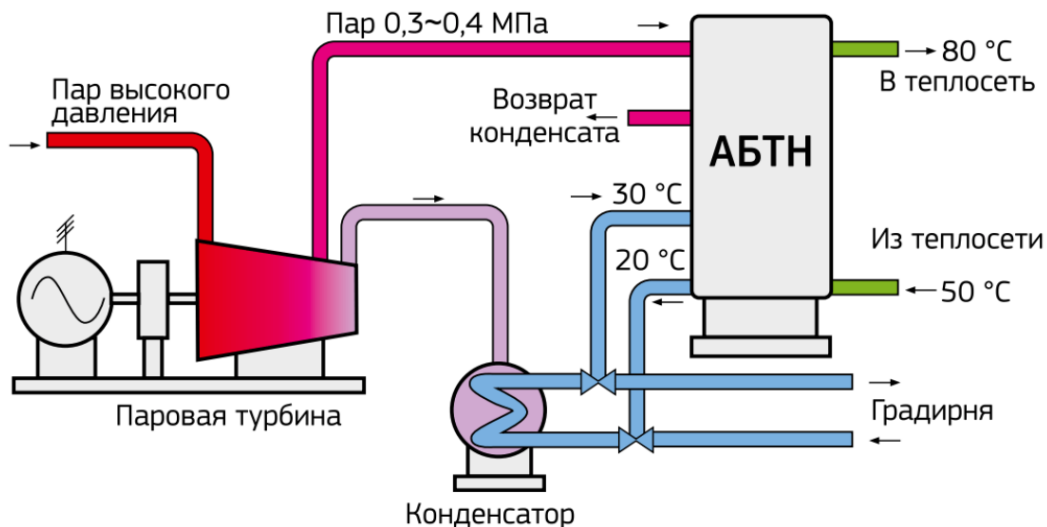


Рисунок 5. Схема абсорбционного теплового насоса

Применение тепловых насосов для охлаждения электрогенераторов может значительно улучшить их работу и общую эффективность. Использование тепловых насосов позволяет повысить общую энергоэффективность системы, так как они используют избыточное тепло, которое в противном случае было бы потеряно. Это также приводит к сокращению эксплуатационных затрат на охлаждение за счет уменьшения потребности в электроэнергии для традиционных систем охлаждения и использования доступного избыточного тепла. Поддержание оптимальных температурных условий позволяет увеличить срок службы электрогенераторов, снижая тепловой износ и перегрев компонентов. Внедрение тепловых насосов способствует снижению выбросов углекислого газа благодаря более эффективному использованию энергии и уменьшению потребности в дополнительных источниках энергии для охлаждения. Кроме того, за счет стабильного и эффективного охлаждения надежность работы электрогенераторов может повыситься, что снижает вероятность аварий и незапланированных простоев. Эти данные демонстрируют значительные преимущества использования тепловых насосов для охлаждения в энергетической отрасли, хотя конкретные результаты могут варьироваться в зависимости от условий эксплуатации, типа теплового насоса и характеристик электрогенераторов [7].

Использование тепловых насосов для охлаждения электрогенераторов представляет собой эффективное и инновационное решение, обеспечивающее оптимальные рабочие условия для оборудования и способствующее повышению общей энергоэффективности тепловых электростанций. Внедрение как парокомпрессионных, так и абсорбционных тепловых насосов позволяет эффективно удалять избыточное

тепло, предотвращая перегрев и продлевая срок службы генераторов. Парокомпрессионные тепловые насосы работают через цикл испарения, компрессии, конденсации и расширения, обеспечивая надежное и стабильное охлаждение. Абсорбционные тепловые насосы, использующие тепло для приведения в действие цикла охлаждения, являются особенно полезными в условиях, где доступно избыточное тепло, что дополнительно снижает эксплуатационные затраты и усиливает энергоэффективность. В конечном итоге, использование тепловых насосов для охлаждения электрогенераторов не только поддерживает их функциональность и долговечность, но и способствует более рациональному использованию тепловой энергии и снижению потребления ресурсов для охлаждения, что делает этот подход важным элементом в современных энергосистемах.

References

1. Шоронова, М. В. Использование тепловых насосов на ТЭЦ / М. В. Шоронова // Теплоэнергетика : Материалы Восемнадцатой всероссийской (десятой международной) научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 75-летию теплоэнергетического факультета. В 6-ти томах, Иваново, 16–18 мая 2023 года. Том 1. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2023. – С. 10.
2. Абрамов, Р. А. Использование тепловых насосов на ТЭС / Р. А. Абрамов, И. В. Зогуля, Р. Р. Сафиуллин // Тинчуринские чтения - 2022 "Энергетика и цифровая трансформация" : Сборник статей по материалам конференции. В 3-х томах, Казань, 27–29 апреля 2022 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 2. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 222-225.
3. Резванова, А. Ф. Будущие тенденции использования тепловых насосов / А. Ф. Резванова // Студенческий форум. – 2022. – № 34-1(213). – С. 54-55.
4. Даутов, Р. Р. Перспективы применения тепловых насосов с целью утилизации вторичных тепловых энергоресурсов на ТЭЦ / Р. Р. Даутов // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2022. – № 1. – С. 257-259.
5. Даутов, Р. Р. Высокоэффективные отопительные системы с использованием различных видов тепловых насосов / Р. Р. Даутов // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Кемерово, 07–09 декабря 2022 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. – С. 124-1-124-5.
6. Применение тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения / Н. Н. Гладышев, А. Д. Ширяев, О. А. Долженко, К. О. Кащеев // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2024. – № 4. – С. 61-65. – EDN EFZLNB.
7. Ананченко, Р. А. Использование тепловых насосов в процессе сушки / Р. А. Ананченко, В. А. Потураев // Холодильная техника и биотехнологии : Сборник тезисов IV национальной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 01–03 декабря 2022 года. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2023. – С. 18-19.

REVIEWS AND ANALYSIS

UDC 33

Kochnev V.V. Effective company management strategies in the field of food additives production

Эффективные стратегии управления компанией в сфере производства пищевых добавок

Kochnev Vladimir Vladimirovich,

CEO, Herbamama LLC, 542 Marine Ave Manhattan Beach CA, 90266

CEO, Purus Manufacturing LLC, 19365 Business Center Dr Unit 1

Northridge, CA 91324

United States

Кочнев Владимир Владимирович,

Генеральный директор Herbamama LLC,

Генеральный директор Purus Manufacturing LLC

Abstract. *The article is devoted to the features of strategic management of companies engaged in the production of food additives in the context of a dynamically changing market and high level of competition. In the course of the study, the methodological base of strategic management was systematized, the food additives market was characterized, the most effective types of company management strategies in the industry under consideration were identified and substantiated. The possibilities of introducing innovative solutions in the production of additives, improving quality indicators and environmental responsibility, developing digital channels, strategic partnerships and analytics were considered. The strategic potential of using marketplaces as a channel for promoting and selling products was highlighted.*

Keywords: *economic development, company management, production of food additives, using marketplaces, product promotion.*

Аннотация. *Статья посвящена особенностям стратегического управления компаниями, занимающимися производством пищевых добавок, в условиях динамично меняющегося рынка и высокого уровня конкуренции. В ходе исследования систематизирована методическая база стратегического управления, охарактеризован рынок пищевых добавок, выделены и обоснованы наиболее эффективные типы стратегий управления компаниями в рассматриваемой отрасли. Рассмотрены возможности внедрения инновационных решений в рамках производства добавок, улучшения показателей качества и экологической ответственности, развития цифровых каналов, стратегических партнерств и аналитики. Выделен стратегический потенциал использования маркетплейсов в качестве канала продвижения и продаж продукции.*

Ключевые слова: *развитие экономики, управление компанией, производство пищевых добавок, использование маркетплейсов, продвижение продукции.*

Рецензент: Бюллер Елена Александровна – кандидат экономических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «Адыгеский государственный университет»

Основы современного стратегического менеджмента заложены в методическо-прикладном аппарате, который ориентируется на долгосрочное планирование, адаптацию к изменениям внешней среды и достижение устойчивого конкурентного преимущества. Среди ученых, оказавших значительное влияние на развитие концепций стратегического менеджмента, можно выделить М. Портера, А.А. Томпсона, О.С. Виханского и др.

Стратегическое управление представляет процесс разработки и реализации долгосрочных направлений развития организации, основанный на анализе экономической среды, имеющий цель достижения устойчивого конкурентного преимущества, адаптации к изменениям и эффективного использования ресурсов. При этом, в качестве фундамента стратегического управления О.С. Виханский выделяет человеческий потенциал [1, с. 13].

Основные задачи стратегического управления в целом типичны для большинства сфер деятельности, в т.ч., для производства пищевых добавок, и могут быть представлены в виде рисунка 1 [5, с. 14].



Рисунок 1. Основные задачи процесса стратегического управления

Таким образом, в процесс стратегического управления традиционно включаются формирование миссии, видения, стратегических целей, выбор оптимальных стратегий, их реализация и процессы мониторинга с последующей возможностью корректировкой отдельных составляющих.

Актуальность стратегического управления компаниями, специализирующимися на производстве пищевых добавок обусловлена ростом спроса на качественные и безопасные продукты, усилением конкурентной борьбы в отрасли, необходимостью соблюдения строгих регуляторных требований и внедрения инновационных технологий.

Кроме того, специфика развития текущей рыночной ситуации требует от компаний гибкости, долгосрочного видения и способности оперативно адаптироваться к особенностям экономической среды. [6, с. 103]

Вместе с тем, многие современные компании либо не используют стратегические подходы при управлении, либо используют их ограничено. Данную проблему комплексно рассматривает М. Портер. Ученый отмечает, что ключевыми препятствиями внедрения стратегии являются высокая конкуренция, стремление руководства достичь быстрых результатов, а также нежелание идти на компромиссы и учитывать ограничения, необходимые для получения долгосрочных результатов. По мнению Портера, достижение долгосрочной и максимальной прибыли, возможно только при наличии тщательно проработанной и эффективно функционирующей стратегии, способной обеспечить компании устойчивое конкурентное преимущество [3, с. 96-100].

Очевидно, что выбор успешной стратегии напрямую зависит от особенностей целевого рынка и внутреннего потенциала компании.

Рынок пищевых добавок подразделяется на такие сегменты, как добавки для спортсменов, витамины и минералы, средства для укрепления иммунитета. Данный рынок относится к типу растущих рынков и характеризуется следующими особенностями:

- рост интереса населения к здоровому образу жизни;
- увеличение числа людей с хроническими заболеваниями и востребованность пищевых добавок в качестве средств поддержки здоровья;
- глобализация рынка – пищевые добавки востребованы не только в развитых странах, но и в развивающихся регионах;
- значительный уровень конкуренции, имеющей тенденцию к росту. Как следствие – усиленная работа в области ассортимента со стороны компаний отрасли, активное использование маркетинговых инструментов (в том числе, в онлайн среде), применение результатов научных исследований и новых технологий с целью улучшения качества продукции.

Исходя из комплекса стратегических альтернатив, представленных А.А. Томпсоном, для компаний, производящих пищевые добавки, можно выделить приоритетные стратегии управления, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Эффективные стратегии управления компаниями, производящими пищевые добавки

Наименование стратегии	Обоснование эффективности стратегии для компаний, производящих пищевые добавки
1 Общие стратегии конкуренции	
Стратегия дифференциации	Актуальность предложения разнообразных продуктов, отличающихся качеством, инновациями и позиционированием
Стратегия оптимальных издержек	Предложение целевой аудитории лучшего соотношения цены и качества. Стратегия особенно эффективна в сегменте, где важен ценовой фактор, но ключевым фактором выбора продукта остается качество.
Сфокусированные стратегии низких издержек и дифференциации	Применимы для работы с определенными сегментами рынка – спортсмены, пожилые люди или сторонники экологически чистых продуктов.
2 Наступательные стратегии	
Захват незанятых пространств	Стратегия оптимально подходит для разработки инновационных или нишевых продуктов (например, уникальных добавок для новых категорий потребителей).
Одновременное наступление на нескольких фронтах	Актуально для компаний, осуществляющих расширение ассортимента, выходящих на новые рынки и развивающих новые каналы продаж.
Партизанская война	Подходит для небольших компаний, которые могут быстро адаптироваться к изменениям и внедрять оригинальные маркетинговые приемы.
3 Оборонительные стратегии	Эффективны для крупных компаний, уже занявших значительную долю рынка. Реализуются путем защиты клиентской базы или усиления позиций бренда.
4 Стратегии вертикальной и горизонтальной интеграции	
Вертикальная интеграция	Создание собственного производства сырья или расширение цепочки дистрибуции. Основной эффект – возможность снизить издержки и улучшить контроль качества.

Из представленного перечня стратегий, наиболее эффективными для растущего рынка пищевых добавок представляются стратегии дифференциации, захвата незанятых пространств и вертикальная интеграция.

Применение других стратегий на рынке пищевых добавок либо будет значительно более рискованным, либо неэффективным, в зависимости от условий экономической среды. Такие стратегии могут привести к распылению ресурсов, потере конкурентных преимуществ и неспособности удовлетворить клиентский спрос. К неэффективным стратегиям относятся: [2, с. 388]

- стратегия низких издержек – стратегия менее эффективна, поскольку потребители пищевых добавок в своем большинстве ориентированы не столько на цену, сколько на качество и натуральность продуктов. Таким образом, концентрация исключительно на снижении

издержек может привести к ухудшению качества и потере конкурентоспособности;

- стратегия упреждающих ударов – требует значительных ресурсов при предсказании действий конкурентов и обеспечении оперативности реагирования. Реализация тактических мер в рамках стратегии может быть усложнена в условиях динамично растущего рынка, на котором важнее сосредоточиться на создании уникального предложения;

- оборонительные стратегии (для субъектов малого и среднего бизнеса) – менее актуальны, так как нацелены на удержание существующих позиций. В условиях роста рынка важнее расширять присутствие и развивать новые направления, а не только защищать имеющиеся доли;

- стратегия горизонтальной интеграции – предполагает слияние с конкурентами или поглощение их долей рынка. Однако на рынке пищевых добавок такие действия могут быть менее приоритетными, чем развитие собственного бизнеса и проникновение в новые сегменты. Кроме того, интеграция, как правило, требует значительных финансовых и управленческих ресурсов, а это не всегда оправдано в условиях роста.

В качестве наиболее эффективных стратегических действий на рынке пищевых добавок можно выделить: [4, с. 25]

1. Внедрение инновационных решений в области производства добавок: выведение новых формул, создание продуктов, ориентированных на узкие сегменты потребителей, использование натуральных ингредиентов и инновационных методов обработки и т.д.

2. Улучшение показателей качества и экологической ответственности: использование экологически чистого сырья, производство с минимальным воздействием на окружающую среду, обеспечение прозрачности информации о составе продуктов и их происхождении, внедрение перерабатываемой или биоразлагаемой упаковки.

3. Стратегические партнерства: сотрудничество с медицинскими учреждениями, фитнес-центрами и аптеками, партнерство с поставщиками сырья.

4. Развитие аналитики и работы с данными: использование больших данных, прогнозирование спроса на основе сезонных факторов, демографических изменений и других параметров, адаптация стратегических мероприятия в зависимости от результатов анализа конкурентов.

5. Развитие цифровых каналов продвижения и продаж: создание Интернет-магазинов, использование целевого маркетинга в социальных сетях, SEO и контекстной рекламы, разработка мобильных приложений или онлайн-сервисов.

Отдельно стоит выделить стратегический потенциал маркетплейсов. Маркетплейс – это электронная торговая платформа, которая выступает посредником, объединяющим на одной площадке множество продавцов и покупателей. Такая площадка предоставляет возможность взаимодействовать при продаже и приобретении товаров или услуг.

Данный канал продаж позволяет компаниям охватить максимально широкую аудиторию и наиболее эффективно масштабировать свой бизнес. Помимо этого, маркетплейсы упрощают процесс входа на рынок, способствуют снижению затрат на создание собственных каналов продаж и предоставляют комплекс актуальных сервисных услуг (логистика, обработка заказов, платежные системы, аналитика продаж, маркетинговые инструменты по продвижению продукции). Однако, работа на таких платформах, при кажущейся простоте, требует тщательной проработки стратегии управления ассортиментом и ценообразованием.

В заключение, можно отметить важность отказа от жестко заданных долгосрочных планов в пользу стратегий, способных меняться в зависимости от динамики внешней среды, а также позиционирование стратегии не как статического плана, а как непрерывного процесса анализа, экспериментов, тестирования гипотез и внедрения изменений.

References

1. Виханский, О.С. Стратегическое управление / О.С. Виханский. – М.: Гардарика, 2002. – 292 с. - 1
2. Глинянов, С. В. Формирование стратегии управления международным бизнесом на пищевых производствах / С. В. Глинянов, Ю. В. Забайкин // Russian Economic Bulletin. – 2023. – Т. 6, № 1. – С. 386-390.
3. Портер, М.Э. Конкуренция / М.Э. Портер. – М.: Вильямс, 2005. – 608 с. - 2
4. Производство пищевых добавок в России: импортозависимость отрасли // Мясные технологии. – 2024. – № 6(258). – С. 24-26.
5. Томпсон, А.А., Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии / А.А. Томпсон, А.Дж. Стрикленд. – М: Банки и биржи, Юнити, 1998. – 576 с. – 3
6. Чернова, С. А. Имущественный комплекс компаний: Отдельные аспекты формирования эффективной стратегии управления / С. А. Чернова // Финансовый бизнес. – 2020. – № 7(210). – С. 101-104.

UDC 621.316.1

Moskalenko P.A., Gabdullin E.Kh. Neuromorphic control systems for distributed energy networks

Нейроморфные системы управления для распределенных энергетических сетей

Moskalenko Pavel Anatolievich,

Student of the Department of Information and Measuring Technologies and Control Systems,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Gabdullin Eldar Khaidarovich,

Master's student of the Department of Information and Measurement Technologies of Control Systems,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Магистрант кафедры информационно-измерительных технологий и систем управления,

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики
Габдуллин Эльдар Хайдарович,

Магистрант кафедры информационно-измерительных технологий систем управления,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. *The paper presents a conceptual approach to the control of distributed energy networks based on neuromorphic computing. A multilevel hierarchical architecture including local, regional and central controllers is proposed. The principles of system operation, control algorithms and advantages of using neuromorphic technologies to create an adaptive and energy-efficient control system are described.*

Keywords: *neuromorphic computing, distributed energy networks, spike neural networks, hierarchical architecture, control algorithms, adaptive control, energy efficiency.*

Аннотация. *В статье представлен концептуальный подход к управлению распределенными энергетическими сетями на основе нейроморфных вычислений. Предложена иерархическая архитектура, включающая локальные, региональные и центральные контроллеры. Описаны принципы работы системы, алгоритмы управления и преимущества использования нейроморфных технологий для создания адаптивной и энергоэффективной системы управления.*

Ключевые слова: *нейроморфные вычисления, распределенные энергетические сети, спайковые нейронные сети, иерархическая архитектура, алгоритмы управления, адаптивное управление, энергоэффективность.*

Рецензент: Мартеха Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент.
Доцент ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Современные распределенные энергетические сети (РЭС) представляют собой сложную и динамичную инфраструктуру, характеризующуюся большим количеством распределенных генераторов, потребителей и накопителей энергии. Эффективное управление такими сетями требует интеллектуальных и адаптивных систем, способных быстро реагировать на изменяющиеся условия, обеспечивать стабильность и надежность энергоснабжения, а также эффективно интегрировать возобновляемые источники энергии (ВИЭ) [1]. Традиционные подходы к управлению РЭС, основанные на централизованном контроле и классических алгоритмах, оказываются недостаточно эффективными для решения этих задач, что обусловлено их недостаточной адаптивностью, высокой вычислительной сложностью и ограниченной масштабируемостью. С целью повышения эффективности рассматривается новый, концептуальный подход к управлению РЭС, основанный на применении нейроморфных вычислений. Этот подход позволяет создать децентрализованную, адаптивную, энергоэффективную и робастную систему управления, способную эффективно функционировать в условиях высокой динамичности и неопределенности.

Предлагаемый подход основывается на многоуровневой иерархической архитектуре, состоящей из трех основных уровней управления: локального, регионального и центрального. Каждый уровень обладает собственным набором функций, задач и алгоритмов, взаимодействующих между собой для достижения общей цели – оптимизации работы всей РЭС [2]. Нижний уровень представлен локальными нейроморфными контроллерами (LNC), интегрированными в каждый узел сети, включая подстанции, распределительные пункты, промышленные потребители, домашние солнечные панели, ветрогенераторы и накопители энергии. LNC выполняют локальное управление и оптимизацию режимов работы оборудования, осуществляют сбор данных с локальных датчиков (ток, напряжение, температура, состояние оборудования), проводят обработку информации с помощью спайковых нейронных сетей (SNN), вырабатывают локальные управляющие сигналы и адаптируются к местным условиям. Принципиальным отличием LNC является использование событийно-ориентированных вычислений, при которых SNN реагируют только на значимые изменения, что позволяет значительно снизить вычислительную нагрузку и энергопотребление. LNC используют методы обучения на местах (on-device learning), что позволяет им адаптироваться к локальным условиям и изменениям в поведении потребителей без необходимости подключения к централизованным системам. Например, LNC на домашней солнечной панели будет самостоятельно оптимизировать ее работу в зависимости от погодных условий и уровня энергопотребления дома, а LNC на подстанции будет реагировать на перегрузки и перенапряжения, перераспределяя нагрузку между соседними линиями.

На среднем уровне находятся региональные нейроморфные контроллеры (RNC), которые координируют работу группы LNC в пределах региональной сети. RNC агрегируют данные, поступающие от LNC, проводят их анализ, осуществляют управление потоками энергии, оптимизируют работу региональной сети и прогнозируют краткосрочные изменения в нагрузке [2]. RNC используют алгоритмы консенсуса, которые обеспечивают согласованное действие локальных контроллеров, а также методы многоагентного усиленного обучения, позволяющие RNC адаптироваться к изменяющимся условиям и достигать оптимальных решений. Взаимодействие между LNC и RNC осуществляется с помощью спайковых сигналов, что обеспечивает быстрое и эффективное реагирование на изменения в сети. RNC, например, могут перераспределять энергию между районами в случае перегрузки одного из них или координировать работу накопителей энергии для сглаживания пиков потребления. RNC используют алгоритмы прогнозирования на основе SNN и методов машинного обучения, которые помогают им предсказывать изменения в потреблении и выработке энергии в краткосрочной перспективе, что позволяет им принимать проактивные меры для поддержания стабильности региональной сети [3].

Центральный нейроморфный контроллер (CNC) располагается на верхнем уровне и отвечает за глобальное управление всей РЭС. CNC принимает решения на основе данных, агрегированных RNC, выполняет долгосрочное прогнозирование спроса и генерации, оптимизирует планы производства и распределения энергии, а также осуществляет взаимодействие с внешними системами, включая рынок электроэнергии, оператора сети и метеорологические службы. CNC использует нейросети (например, Transformer) для долгосрочного прогнозирования и алгоритмы глобальной оптимизации для распределения ресурсов между региональными сетями. Важным аспектом работы CNC является управление рисками, включая выявление и управление потенциальными сбоями и аномалиями на уровне всей сети. CNC также отвечает за интеграцию новых объектов в РЭС и обеспечивает ее масштабируемость. Например, если в энергосистему добавляется новая ветроэлектростанция, CNC должен скоординировать ее подключение к сети и оптимизировать ее работу с учетом текущих условий.

Для лучшего понимания механики работы стоит смоделировать производственную ситуацию, когда в регионе происходит внезапное увеличение потребления электроэнергии из-за аномальной жары [4]. Локальные нейроморфные контроллеры на каждом доме и предприятии быстро реагируют на это изменение, корректируя потребление и обеспечивая стабильную работу локального оборудования. Региональные нейроморфные контроллеры, получая информацию от LNC, перенаправляют энергию из районов с меньшим потреблением в районы с повышенным

спросом. RNC также координируют работу накопителей энергии, чтобы сгладить пики потребления. Центральный нейроморфный контроллер, анализируя всю ситуацию на уровне сети, предсказывает дальнейшее увеличение спроса и дает инструкции региональным контроллерам. CNC также прогнозирует потенциальную нагрузку на сеть в будущем и координирует работу электростанций для удовлетворения растущего спроса. В результате, благодаря скоординированным действиям всех уровней управления, РЭС успешно справляется с ситуацией аномального роста потребления, обеспечивая стабильность и надежность энергоснабжения. Сравнить производительность и энергоэффективность нейроморфных систем управления с классическими представлено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ эффективности систем управления

Характеристика	Классические системы управления	Нейроморфные системы управления
Архитектура	Централизованная, основанная на процессорах общего назначения (CPU/GPU)	Децентрализованная, основанная на специализированных нейроморфных чипах
Обработка данных	Последовательная, пошаговая	Параллельная, асинхронная, основанная на событиях (спайковая)
Представление данных	Численные значения (цифровой сигнал)	Спайки (бинарные импульсы)
Алгоритмы	Математические модели, аналитические решения, ПИД-регуляторы	Нейронные сети (SNN, spiking neural networks), обучение на основе событий
Производительность	Точная, предсказуемая, но может быть ограничена для сложных систем	Высокая скорость обработки в реальном времени, хорошая адаптивность, устойчивость к шуму
Энергоэффективность	Низкая, особенно при сложных задачах	Высокая, особенно при разреженных данных и событиях
Масштабируемость	Ограниченная, требует увеличения вычислительной мощности и энергопотребления	Хорошая, может масштабироваться путем добавления большего количества нейронов и связей
Адаптивность	Требуется перенастройка при изменении условий	Высокая, способна адаптироваться к изменениям в реальном времени
Обучение	Оффлайн, на основе predetermined данных или моделей	Онлайн, на основе непосредственного взаимодействия с окружающей средой
Примеры применения	Промышленная автоматизация, робототехника, управление транспортом	Робототехника, зрение, слух, управление мобильными устройствами
Сложность реализации	Относительно простая, хорошо изучена	Сложная, требуются новые алгоритмы и аппаратное обеспечение
Стоимость	Низкая до средняя	Высокая, но стоимость снижается по мере развития технологии

Внедрение нейроморфных систем управления в РЭС позволит создать адаптивную, энергоэффективную и робастную систему, способную эффективно интегрировать возобновляемые источники энергии, оптимизировать управление накопителями энергии, снизить потери в сетях и повысить надежность электроснабжения. Кроме того, данный подход обеспечивает гибкость и масштабируемость системы управления, позволяя адаптировать ее к новым требованиям и условиям.

References

1. Ежов, В. Нейроморфные системы как инструмент реализации искусственного интеллекта / В. Ежов // Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2021. – № 2(203). – С. 82-93.
2. Синицын, И. В. Историческое развитие нейронных сетей как части распределенных вычислительных мощностей / И. В. Синицын, Е. И. Кублик, А. Н. Миронов // Вопросы истории. – 2021. – № 6-2. – С. 109-114.
3. Интеллектуальная система управления распределенной энергетикой / Д. Р. Уразаев, Д. С. Брагин, Д. Д. Зыков, И. В. Поспелова // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2019. – № 1-2. – С. 98-101.
4. Fedyuchenko, N. R. Investigation of the influence of high-temperature viscosity of engine oil on operational and service life indicators of internal combustion engines / N. R. Fedyuchenko, M. S. Lipatov // International Journal of Professional Science. – 2024. – No. 3-2. – P. 49-53. – EDN EAFXBH.

UDC 005.8

Umerenkov D.I., Dmitriev A.G. Evolution of performance metrics in Agile

Эволюция метрик эффективности в Agile

Umerenkov Daniil Igorevich,

Postgraduate student, Synergy University, Moscow

Dmitriev Anton Gennadievich,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Organizational Management, Synergy University, Moscow

Умеренков Даниил Игоревич,

аспирант, университет «Синергия», Москва

Дмитриев Антон Геннадиевич,

Кандидат экономических наук, доцент кафедры Организационного менеджмента, Университет «Синергия», Москва

Abstract. *The development of the system of performance metrics in Agile is objectively determined by the progress of the concept itself, taking into account the complexity of projects (and project management approaches) and the spread of Agile to many areas of activity (initially, the concept was developed for the software development sphere). This work is devoted to the features of measuring performance in Agile. The purpose of the work is to characterize the main stages of the evolution of performance metrics within the framework of this project management concept. The work provides a periodization of the development of the Agile concept and the features of the application of performance metrics within each of the stages.*

Keywords: *economic development, project management, performance metrics in Agile.*

Аннотация. *Развитие системы метрик эффективности в Agile объективно обусловлено прогрессом самой концепции с учетом усложнения проектов (и подходов проектного управления) и распространением Agile на многие сферы деятельности (изначально концепция разрабатывалась для сферы разработки программного обеспечения). Данная работа посвящена особенностям измерения эффективности в Agile. Целью работы является характеристика основных этапов эволюции метрик эффективности в рамках данной концепции управления проектами. В работе приводится периодизация развития концепции Agile и особенности применения метрик эффективности в рамках каждого из этапов.*

Ключевые слова: *развитие экономики, управление проектами, метрики эффективности в Agile.*

Рецензент: Бюллер Елена Александровна – кандидат экономических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «Адыгеский государственный университет»

Организация управления проектами выступает одной из ключевых задач современных организаций. Данный факт объясняется, с одной стороны, необходимостью активной проектной деятельности в условиях высокой неопределенности и глобальной конкуренции, с другой стороны – в целом усложнением бизнес-процессов. Ответом на указанные тенденции стала концепция гибкого управления проектами Agile, которая позволяет адаптировать процессы управления проектами под особенности текущих реалий.

Изначально данная концепция предполагала применение только для проектов в

области разработки программного обеспечения, однако с течением времени, ее принципы и методологии (в адаптированном виде) стали использоваться в разных сферах – в маркетинге, производстве, образовании, государственном управлении и др.

С развитием Agile-методологий и их интеграций в различные сферы деятельности, возник вопрос, как адекватно измерять и оценивать эффективность работы команд, процессов и продуктов.

Важно отметить, что комплекс метрик эффективности в Agile и его эволюция, находится во взаимосвязи не только с развитием самих методологий, входящих в концепцию, но и с изменением подходов к пониманию самого успеха проекта в целом. Современные компании вынуждены постоянно искать и совершенствовать инструменты, которые отображают результаты выполнения проектов.

Также необходимо выделить наличие достаточного внимания научного и экспертного сообщества к проблеме текущей систематизации метрик эффективности. В то же время, как анализ ретроспективной составляющей важен ввиду актуальности выявления закономерностей в развитии подходов к оценке эффективности и возможностей их потенциальной адаптации к перспективным (среднесрочным и долгосрочным) условиям. Данному вопросу уделяется недостаточно внимания.

Систематизация периодов развития концепции Agile на основе исследования научных работ [2], [3], [4] схематично показана на рисунке 1.



Рисунок 1. Систематизация периодов развития концепции Agile

Таким образом, на рисунке представлены пять ключевых периодов развития Agile. Следует отметить, что в ряде источников используется более детализированная периодизация (с пятилетним шагом) [2]. Однако, предложенный вариант представляется

целесообразным, поскольку позволяет выделить ключевые этапы эволюции Agile, с учетом наиболее значимых изменений в ходе развития методологии и с избеганием излишней фрагментации анализа. Предложенный подход упрощает восприятие и обеспечивает более чёткую связь между спецификой этапов развития концепции.

Ниже, на основе обобщения работ, касающихся эффективности Agile [1], [5], [4], [5], приводится характеристика особенностей Agile и метрик ее эффективности, присутствующих на каждой из стадий развития концепции.

1. Зарождение концепции Agile. Обусловлено неудовлетворенностью традиционными (каскадными) подходами к управлению проектами, которые в 1990-е годы стали характеризоваться снижением эффективности. Кроме того, активизация разработки программного обеспечения требовала наличие более адаптивных подходов к управлению проектами. В этот период были разработаны первые гибкие методологии – Scrum, XP, и Crystal.

На данном этапе Agile, как концепция, еще только формировалась, в связи с чем, основные метрики эффективности были заимствованы из традиционного проектного управления. Наиболее часто применялись показатели выполнения сроков и соблюдения бюджета, учитывалось количество завершённых задач в рамках итерации. Уровень производительности команды измерялся в рамках механистических подходов –учёт трудозатрат (man-hours) и скорость выполнения задач.

2. Оформление Agile как концепции. Этап символизирует принятие в 2001 году Манифеста Agile в качестве основы объединения ранее разработанных гибких методологий. В данном документе были сформулированы четыре ключевые ценности и двенадцать базовых принципов. Agile был задуман как универсальный подход, который позволяет более эффективно управлять проектами в условиях неопределённости.

С появлением Манифеста Agile система метрик эффективности, в соответствии с ориентации на ценности методологии, начала смещаться от традиционных к более гибким. Основное внимание стало уделяться:

- скоростным показателям – количеству выполненных задач или пользовательских историй за спринт;
- удовлетворенности заказчика – в качестве основного инструмента выступали опросы, отзывы и т.д.;
- уровню качества продукта – снижению количества дефектов в разрабатываемом проекте.

3. Расширение применения Agile. Этап характеризуется ростом популярности Agile (многие компании осознали ценность итеративного процесса), дальнейшим развитием методологий (в т.ч., Kanban и Lean Software) и выходом идей концепции за

пределы IT-сферы. Ближе к концу периода появились масштабируемые фреймворки, которые позволили применять Agile для управления большими проектами с множеством команд. Agile стала интегрироваться в корпоративные структуры, получили развитие специализированные инструменты (Jira, Trello, и аналогичные платформы, упрощающие координацию команд).

Развитие метрик эффективности на данном этапе в основном обусловлено распространением Agile за пределы IT. Стала заметна тенденция повышения универсальности и адаптации метрики к различным отраслям. Параллельно с использованием уже имеющегося комплекса, отмечается введение метрик бизнес-ценности (вклад продукта в достижение стратегических целей компании), времени, необходимого для вывода продукта или новой функции на рынок, долгосрочной ценности клиента, вовлеченности команды (Employee Satisfaction Index).

4. Масштабирование и интеграция Agile. В 2010-е годы гибкие подходы стали внедряться не только на уровне отдельных команд, но и на уровне организаций в целом. В начале периода, с целью улучшения взаимодействия между разработкой, тестированием и эксплуатацией, Agile начал интегрироваться с другими подходами, развивается методология DevOps (методология, направленная на улучшение взаимодействия между командами разработки с целью повышения скорости и качества поставки программного обеспечения). Период характеризуется стремлением крупных компаний адаптировать Agile для работы в масштабных проектах с участием множества подразделений и команд. Отмечаются практики применения Agile в крупных корпорациях (Microsoft, Google, Spotify).

В условиях масштабирования Agile на уровне организаций метрики стали более сложными и многогранными. Появилась необходимость оценки способности команды предсказывать результаты работы (Predictability), времени, затраченного на выполнение задачи, по сравнению со временем ожидания (Flow Efficiency), финансовых потерь из-за задержек в реализации задач (Cost of Delay), взаимодействия между командами и эффективности координации (Dependency Management Metrics).

Для больших организаций, внедряющих Agile на масштабируемом уровне, становятся актуальными метрики, связанные с координацией между командами – Cross-Functional Team Efficiency (эффективность межфункциональных команд), Collaborative Metrics (метрики совместной работы).

Также в данный период наблюдается более активная интеграция метрик Agile с DevOps-показателями: частота развертывания, среднее время восстановления, уровень сбоев при изменениях и ряд других. Важным элементом становятся Automation Metrics, которые измеряют степень автоматизации процессов тестирования,

развертывания и других операций, влияющих на скорость и надежность поставки продукта.

5. Современный этап характеризуется интеграцией Agile с новыми технологиями, а также расширением применения в нестандартных сферах. В условиях глобальной цифровой трансформации и перехода к удаленной работе Agile стал важным инструментом при управлении изменениями. Наблюдается развитие взаимодействия Agile с DevOps, Data Science и принципами устойчивого развития. Период отмечен ростом внимания к метрикам мониторинга гибкости процессов. В целом, современный этап демонстрирует, что Agile вышел за пределы концепции проектного менеджмента и стал частью корпоративной культуры.

На современном этапе наблюдается тенденция смещения акцента на комплексные и гибридные метрики, отражение технических и социально-экономических составляющих:

Outcome Metrics – измерение конечных результатов (например, уровень достижения стратегических целей компании);

Sustainability Metrics – учёт устойчивости процессов и их влияния на окружающую среду; Innovation Rate – доля новых идей, внедрённых в проект;

Agility Health Metrics – метрики гибкости, которые оценивают адаптивность команды к изменениям. Можно выделить Cycle Time (время, необходимое для выполнения задачи от её начала до завершения) и Lead Time (время от начала работы до поставки в продакшн).

Также необходимо отметить повышение активности в области интеграции AI-алгоритмов при анализе данных и прогнозировании эффективности результатов проектов. Подобные алгоритмы могут анализировать ретроспективные данные о скорости выполнения задач, времени отклика клиентов, учитывать социальные факторы.

В заключение можно констатировать, что развитие метрик эффективности в Agile находится во взаимосвязи не только с динамикой самих методологий в рамках данной концепции, но и с изменением подходов к пониманию успеха проекта в целом. Эволюция метрик эффективности в Agile характеризуется смещением от традиционных параметров (соблюдение сроков и бюджета) к более сложным показателям, учитывающим удовлетворенность клиентов, качество конечного продукта, уровень вовлеченности команды, отражение технических и социально-экономических составляющих, применение AI-алгоритмов при анализе данных.

References

1. Баранов, С. Agile в цифрах. Можно ли измерить философию? / С. Баранов. URL: <https://globalcio.ru/discussion/25388> (дата обращения: 26.12.2024).
2. Хода, Р. Взлет и эволюция Agile-разработки / Р. Хода, Н. Саллех, Дж. Гранди. URL: <https://www.osp.ru/os/2018/04/13054608> (дата обращения: 26.12.2024).
3. Bhujel, P. Evolution of Agile Methodology: A Historical Perspective / P. Bhujel. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/evolution-agile-methodology-historical-perspective-paras-bhujel-lgхqc> (дата обращения: 26.12.2024).
4. Chaikovskiy, O. Agile Evolution / O. Chaikovskiy. URL: <https://medium.com/swlh/agile-evolution-fc6f30e87888> (дата обращения: 26.12.2024).
5. Tranter, L. Показатели Agile: полное руководство / L. Tranter. URL: <https://tocpeople.com/2021/07/pokazateli-agile> (дата обращения: 26.12.2024).

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS

UDC 004.42

Blazhkovskii A. Developing user interfaces with a focus on inclusivity

Blazhkovskii Anatolii

Specialist degree, Tver State University, Tver, Russia

Abstract. *The article explores practices for developing inclusive user interfaces for mobile applications (MA), aimed at meeting the needs of users with diverse physical, cognitive, and cultural characteristics. Key principles of inclusive design are presented, including accessibility, flexibility, simplicity, and interface personalization. The study examines international accessibility standards (WCAG, ARIA) and tools for their implementation. Examples of successful solutions, such as Google Maps, Amazon Alexa, Apple, Duolingo, and Microsoft Teams, demonstrate the effectiveness of an inclusive approach. The article concludes with the importance of inclusive design in improving usability, expanding the audience, and enhancing user interaction with digital technologies.*

Keywords: *inclusive design, accessibility, user interface, mobile applications (MA), WCAG standards, ARIA, development tools.*

Рецензент: Мартеха Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент.
Доцент ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Introduction

During this period of time, the demand has continuously grown to make it more accessible to the widest range of users in the context of a fast dissemination process of mobile applications (MA) along with the rapid development of mobile technologies. Inclusive design concerning the users of diversified physical and cognitive capabilities has turned into an integral component of mobile interface development. It should be convenient and functional for the use of all categories of citizens, including persons with disabilities, elderly people, and people of different cultural and linguistic backgrounds. Making a product inclusive in the context of globalization and corporate social responsibility has acquired a particular significance.

The present research study develops the best practices for creating user interfaces with regard to inclusiveness. Much attention is given to such main principles of inclusive design as content accessibility, simplicity, and clarity of the interface, or use of technologies that improve application interaction for users with various needs.

Main part. The concept of inclusive design

Inclusive design is a philosophy and an approach to product development in order to meet the diverse needs of the user, ranging from people with disabilities to elderly citizens, including those who may face barriers for cultural or linguistic reasons [1]. Other than universal design, which is oriented toward the creation of products for the majority, at least the inclusive design philosophy drafts solutions that might be used by as many users as possible from a very large perspective, regardless of their physical or cognitive or even social characteristics.

Inclusive design treats the needs of people with disabilities as part and parcel of the general audience and not as exceptional cases. Users are experiencing various forms of impairments related to vision, hearing, mobility, or cognitive. According to estimates by the World Health Organization, 1,3 billion people in the whole world live with significant health impairments, constituting 16% of the population in the whole world.

However, inclusive design does not stop at providing solutions for users with disabilities. It also involves creating universal solutions that are convenient and effective for all categories of users. It is important to underline that inclusive design, based on the principles of accessibility, flexibility, and simplicity, allows improving the interaction with applications for people of all ages and social backgrounds.

Key principles of inclusive design in MA

The principles of inclusive design are actively implemented in MA to eliminate barriers that may arise due to users' physical conditions or varying levels of proficiency with technological products (fig. 1).

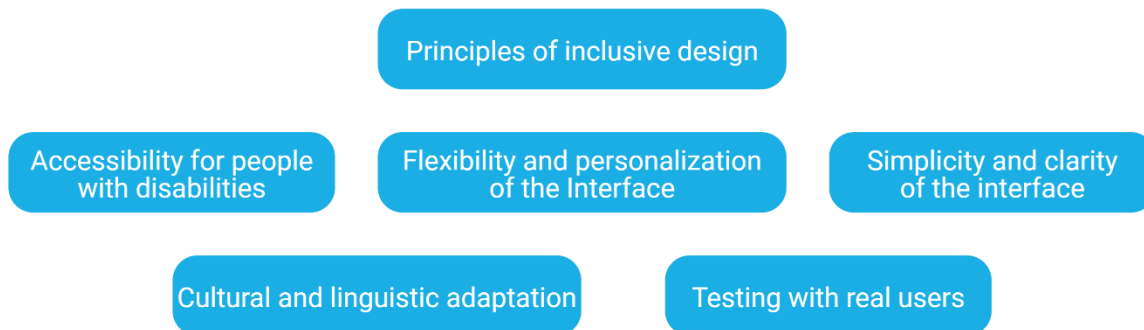


Figure 1. Principles of inclusive design

For visually impaired users, applications should use text alternatives for images and make strong contrast between the text and its background to promote better visibility.

Applications can, where possible, include font size adjustment options and maybe incorporate voice commands as well. Such applications must support subtitling of video

clippings with text notifications about other alternative visual signals that also provide critical information without relying on sounds for hard-of-hearing users.

The interfaces should support a range of input devices, such as touchscreens, keyboards, mice, or voice commands for those people who cannot navigate well. Large control elements should be used along with providing alternative ways to interact with the application. In turn, the interface for cognitively impaired users needs to be very simple and intuitive: no complicated visual elements. The structure of the program should be straightforward, and clear requests will enable these users to easily find what they need faster.

Flexibility and personalization of the interface also play a critical role in inclusive design. Applications should allow users to customize settings according to their needs [2]. As mentioned earlier, these include font size adjustments or the choice of fonts that are easier to read for users with visual impairments or text perception difficulties, as well as options for color themes and contrast. Applications should also be adaptive, meaning they must display correctly and function efficiently on various devices with different screen sizes – from smartphones to tablets and wearable devices [3].

Another key principle of inclusive design is **simplicity and clarity** of the interface. This involves minimizing visual clutter and organizing elements in a logical sequence, enabling users to navigate and perform tasks quickly without unnecessary effort [4]. Clear instructions, helpful prompts, and clearly labeled buttons and controls are essential to reduce the likelihood of errors during use.

Cultural and linguistic adaptation is an integral part of inclusive design, especially for global markets. Applications should support multilingual interfaces, allowing users to select their preferred language. It is vital that translations are accurate, culturally appropriate, and free of stereotypes to ensure the application resonates with users from diverse backgrounds.

Inclusive design cannot be achieved without regular testing with real users, including those with disabilities. Feedback from users with diverse limitations helps identify potential accessibility issues and refine the interface. Testing on various devices and under different conditions is essential to ensure that the application remains accessible to all user groups.

Such aspects make principles of inclusive design in MA be enabled for developing universal, accessible products featuring qualitative interaction for all their users. By keeping these, a range of audience is increased; with its corresponding expanding of the app success issue within the market context.

Use of accessibility standards

The application of international accessibility standards, such as WCAG (Web Content Accessibility Guidelines), ARIA (Accessible Rich Internet Applications), and others, plays a crucial role in the development of inclusive interfaces. These standards provide guidelines for

designing interfaces that ensure equal interaction opportunities for all user categories, including people with disabilities. Their implementation not only helps comply with legal regulations in various countries but also enhances the usability and efficiency of interfaces (table 1).

Table 1

Key accessibility standards and their purpose [5]

Standard	Description	Application
WCAG (Web Content Accessibility Guidelines)	A set of recommendations for improving web content accessibility.	Ensures accessibility for users with visual, auditory, motor, and cognitive impairments.
ARIA (Accessible Rich Internet Applications)	Attributes to enhance the accessibility of dynamic interface elements.	Simplifies the perception of interactive components by screen readers.
Section 508 (US Rehabilitation Act)	US law regulating the accessibility of digital products for government agencies.	Requires compliance with federal accessibility standards.
EN 301 549	European accessibility standard for digital technologies.	Governs the development of web and mobile interfaces for the public sector.
ISO 9241-171	International standard covering ergonomic interaction with assistive technologies.	Provides guidelines for designing interfaces for people with disabilities.
ATAG (Authoring Tool Accessibility Guidelines)	Recommendations for creating accessible authoring tools and content.	Ensures the accessibility of authoring tools for developers and users.

Meeting the accessibility standards will not only provide room for developers to make their interfaces inclusive but also provide means of meeting international and regional regulations. It forms the basis for designing an interface that takes into consideration the different users' needs and enhances interaction with digital products. Such standards allow gaining more trust on the part of users and widening the circle of potential users to include people with disabilities. This approach makes development more ethical, technologically advanced, and human-centered.

Tools and resources for developing inclusive interfaces

The development of inclusive interfaces requires the use of specialized tools and resources that enable developers to adhere to accessibility standards and test applications at various stages of development. These tools help identify accessibility issues, optimize user experience, and create products that cater to diverse needs (table 2).

Table 2

Tools and resources for inclusive design

Tool/Resource	Purpose	Features
axe DevTools	Automated accessibility testing for web pages and applications.	Supports integration with browsers and CI/CD systems.
WAVE (Web accessibility evaluation tool)	Evaluates web content accessibility based on WCAG standards.	Highlights problematic interface elements with recommendations for fixes.
Color contrast analyzer	Analyzes color contrast to ensure compliance with accessibility standards.	Allows testing text and background contrast for users with visual impairments.
React Accessibility Developer Tools	Accessibility checking tool for React components.	Helps developers test accessibility in dynamic components.
ARIA Developer Tools	Tests the proper use of ARIA attributes.	Highlights ARIA implementation errors and provides recommendations.
Accessibility Scanner (Google)	Accessibility testing tool for Android applications.	Analyzes apps and suggests improvements for the user interface.
Lighthouse	Automated tool for performance and accessibility testing of web pages.	Includes a module for evaluating accessibility according to WCAG standards.
Deque University	Resource for learning accessibility principles.	Offers educational materials and courses for developers.

The integration of specialized tools and resources into the development process ensures a systematic approach to creating inclusive interfaces. These tools not only help identify accessibility issues but also promote a culture of inclusivity by providing developers with practical insights and solutions. By leveraging these resources, development teams can streamline their workflows, reduce compliance risks, and enhance user experiences for diverse audiences. Ultimately, the adoption of such tools fosters innovation while aligning applications with global accessibility standards and user-centric design principles.

Best practices for developing inclusive interfaces

Inclusive interface design for MA needs to be informed through the adoption of proven practices, ensuring usability for the widest range of users. Fortunately, many of the most popular US-based applications lead by example through high standards of inclusive design and may be valuable sources of study and implementation within this industry.

One example of an adaptive interface is **Google Maps**. In 2023, it was the most downloaded mapping and navigation app in the United States, despite being a default pre-installed app on Android smartphones (fig. 2).

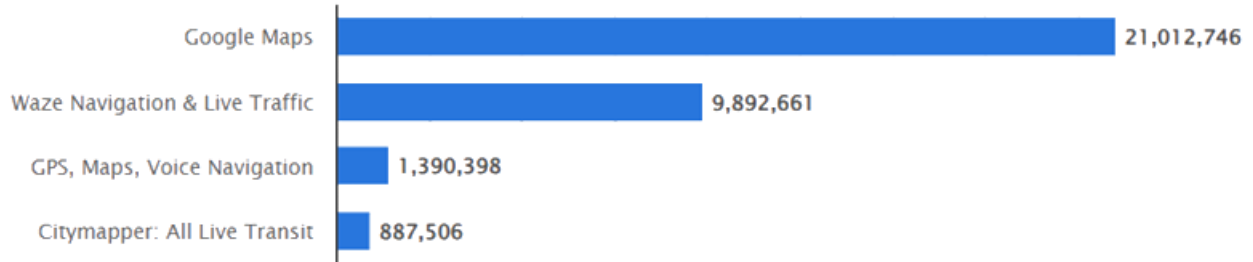


Figure 2. The most popular mapping applications in the US in 2023 by the number of downloads [6]

The wheelchair-accessible route feature by Google Maps enables people with problems in mobility to move around on sidewalks, elevators, and accessible stops of public transport. Secondly, Google Maps offers voice guidance to its visually impaired users. By this feature, users can orient themselves without focusing on the screen of the device, which seriously improves usability.

Among voice assistants, **Amazon Alexa** is the most available. It is an application for visually or motor impaired users to make devices on/off reminders and do much more—just with their voices. For instance, users may ask Alexa to light up the space or read out news headlines. It's an extremely convenient piece of technology that struggles to interact with more conventional interfaces. Alexa also has a «Show and tell» mode that allows users to show an object and ask, «Alexa, what is this?» Alexa identifies the item and describes it.

Apple has implemented the operating system of iOS with the feature VoiceOver, by which all applications on the Apple ecosystem are readable to people who can't see. This feature gives the audio description of the interface elements and allows users to manage the device by performing gestures. For example, using applications like WhatsApp, users can send messages and hear text spoken loud, thus making this application accessible to people unable to see the screen.

Duolingo is a language learning application that is designed to be inclusive. In the third quarter of 2024, Duolingo reported an MAU of approximately 113 million users, up 10% from the second quarter of the same year. This shows how accessible and usable the app is for a wide range of users, including those with diverse needs and preferences (fig. 3).

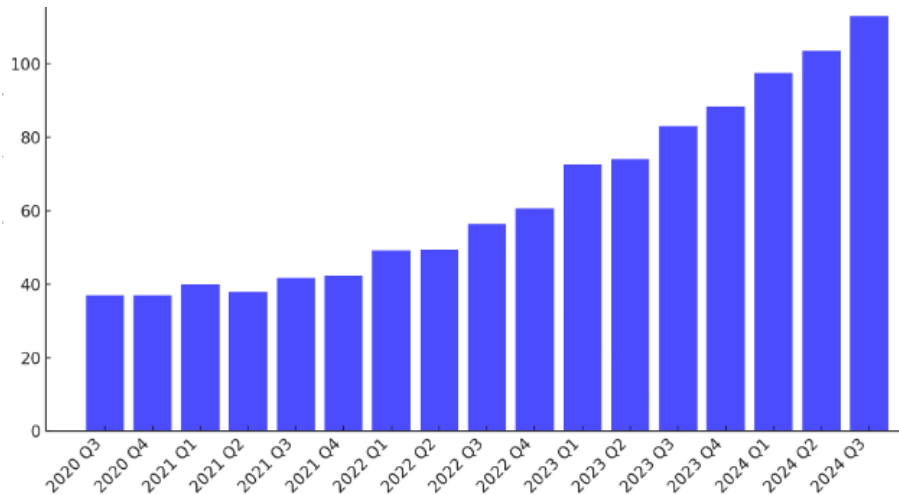


Figure 3. Number of active Duolingo users worldwide, millions [7]

The application supports more than 30 languages and is adapted for users at different levels of proficiency. A distinctive peculiarity of the interface is its gamification: it simplifies the learning process to such an extent that even people who have very minimal experience in using digital technologies can access it. For example, tasks are followed by visual cues and sounds, allowing the process to be understandable for users with limited cognitive abilities.

Microsoft Teams actively applies user testing with persons with disabilities. For example, the interface of the application was tested on users using screen readers and Braille keyboards, which allowed developers to make some necessary adjustments toward their needs. In regard to these studies, keyboard shortcuts and screen reader navigation enhancements were added, making Microsoft Teams accessible for all kinds of user categories. In 2024, daily active users in Microsoft Teams didn't change for 2023 when about 320 million users were hosted [8]. These cases illustrate not just the implementation of an inclusive approach, but also at least some features of how applications are adapted to different user groups. Each of those shows how these practices, when integrated into the development flow, result in enhanced usability with a wider audience.

Conclusion

Developing user-centered, inclusive interfaces is already not only an ethical requirement but also one of the important strategies to provide more accessibility to digital products. The inclusion of principles of inclusive design, such as accessibility, flexibility, simplicity, and sensitivity to the peculiarities of culture, in the development allows the creation of applications that guarantee the usability of all categories of users, including those with disabilities. It serves to reduce various barriers and improve the quality of interaction with digital technologies.

Examples of applications like Google Maps, Amazon Alexa, and Microsoft Teams prove that inclusive approaches develop not only the user experience but also widen the circle of consumers of digital products.

By adopting international accessibility standards and specialized tools, developers can create interfaces that meet today's requirements and significantly improve user experiences. Testing on a regular basis with a wide range of disabilities helps transform applications to actually respond to the users' needs and ensure their functionality and ease of use. This is the key step toward making technologies inclusive by catering to diversity and equal opportunities.

References

1. Emmanuel D.D., Alamoodi A.H., Albahri O.S., Garfan S., Albahri A.S., Bahaa B. Sign language mobile apps: a systematic review of current app evaluation progress and solution framework / D.D. Emmanuel, A.H. Alamoodi, O.S. Albahri, S. Garfan, A.S. Albahri, B. Bahaa // *Evolving Systems*. – 2024. – Vol. 15. – No. 2. – pp. 669-686. DOI: 10.1007/s12530-023-09494-0 EDN: ETTFQH
2. Ponomarev E.V. The role of technological innovations in enhancing consumer protection in the financial sector / E.V. Ponomarev // *Dnevnik nauki*. – 2024. – No. 6. [Electronic resource]. URL: <http://www.dnevniknauki.ru/images/publications/2024/6/technics/Ponomarev.pdf> EDN: NVGWQM
3. Kuznetsov I. A. Forecasting and analysis of user behavior in mobile applications / I. A. Kuznetsov // *Trends in the development of science and education*. – 2024. – No. 107(8). – P. 165-168. DOI: 10.18411/trnio-03-2024-437 EDN: IQUSMS
4. Kuznetsov I.A., Bobunov A.Yu., Bushuev S.A., Smirnov A.P., Pshichenko D.V. Integration of Big Data into Recommendation Systems: Content Personalization Technologies / I.A. Kuznetsov, A.Yu. Bobunov, S.A. Bushuev, A.P. Smirnov, D.V. Pshichenko // *Competitiveness in the Global World: Economics, Science, Technology*. – 2024. – No. 9. – P. 56-61. EDN: KLLPJU
5. Seixas Pereira L., Matos M., Duarte C. Exploring Mobile Device Accessibility: Challenges, Insights, and Recommendations for Evaluation Methodologies / L. Seixas Pereira, M. Matos, C. Duarte // *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. – 2024. – P. 1-17.
6. Leading mapping apps in the United States in 2023, by downloads / Statista // URL: <https://www.statista.com/statistics/865413/most-popular-us-mapping-apps-ranked-by-audience/> (date of application: 10.01.2025).
7. Number of monthly active Duolingo users worldwide from 3rd quarter 2020 to 3rd quarter 2024 Statista // URL: <https://www.statista.com/statistics/1309610/duolingo-quarterly-mau/> (date of application: 10.01.2025).
8. Number of daily active users (DAU) of Microsoft Teams worldwide as of 2024 / Statista // URL: <https://www.statista.com/statistics/1033742/worldwide-microsoft-teams-daily-and-monthly-users/> (date of application: 10.01.2025).

UDC 65:004:621.75

Gabdullin E.Kh., Moskalenko P.A., Konovalova V.K. Comparative analysis of implementation of ERP-systems Oracle NetSuite and Infor CloudSuite in mechanical engineering: economic aspects and efficiency

Сравнительный анализ внедрения ERP-систем Oracle Netsuite и Infor Cloudsuite в машиностроении: экономические аспекты и эффективность

Gabdullin Eldar Khaidarovich,

Master's student of the Department of Information and Measurement Technologies of Control Systems, St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. Higher School of Technology and Energy

Moskalenko Pavel Anatolievich,

Student of the Department of Information and Measuring Technologies and Control Systems, St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. Higher School of Technology and Energy

Konovalova Vera Konstantinovna,

Senior Lecturer of the Department of Management and Law, St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. Higher school of Technology and Energy

Габдуллин Эльдар Хайдарович,

Магистрант кафедры информационно-измерительных технологий и систем управления, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Москаленко Павел Анатольевич,

Магистрант кафедры информационно-измерительных технологий и систем управления, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Научный руководитель: Коновалова Вера Константиновна, ассистент кафедры менеджмента и права,

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. *This paper examines the option of integrating Oracle NetSuite and Infor CloudSuite ERP systems in mechanical engineering, provides their functional overview, the implementation and operation costs of each system, and calculates the cost-effectiveness of implementation using key metrics such as total cost of ownership (TCO) and return on investment (ROI).*

Keywords: *ERP system, Oracle NetSuite, Infor CloudSuite, engineering, TCO, ROI.*

Аннотация. *В данной статье рассматривается вариант интеграции ERP-систем Oracle NetSuite и Infor CloudSuite в машиностроении, приводится их функциональный обзор, затраты на внедрение и эксплуатацию*

каждой из систем, рассчитывается экономическую эффективность внедрения с использованием ключевых показателей, таких как совокупная стоимость владения (TCO) и возврат на инвестиции (ROI).

Ключевые слова: ERP-система, Oracle NetSuite, Infor CloudSuite, машиностроение, TCO, ROI.

Рецензент: Мартеха Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент.
Доцент ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

В условиях глобализации и цифровизации экономики предприятия машиностроительной отрасли сталкиваются с необходимостью оптимизации бизнес-процессов для повышения конкурентоспособности и эффективности управления ресурсами. Одним из ключевых инструментов, способствующих достижению этих целей, являются ERP-системы (Enterprise Resource Planning), которые обеспечивают интеграцию и автоматизацию основных процессов предприятия, таких как управление финансами, производством, логистикой и персоналом. Внедрение ERP-систем позволяет не только сократить операционные издержки, но и повысить прозрачность бизнеса, улучшить качество принимаемых управленческих решений и ускорить адаптацию к изменениям рыночной среды [1 - 3].

Среди множества решений, представленных на рынке, особое внимание привлекают Oracle NetSuite и Infor CloudSuite, которые зарекомендовали себя как эффективные инструменты для управления ресурсами в различных отраслях, включая машиностроение. Однако выбор между этими системами требует тщательного анализа их функциональных возможностей, экономических аспектов внедрения и долгосрочной эффективности. В условиях ограниченности ресурсов и высокой стоимости внедрения ERP-систем, вопрос выбора оптимального решения становится критически важным для предприятий.

Целью данной статьи является проведение сравнительного анализа внедрения ERP-систем Oracle NetSuite и Infor CloudSuite в машиностроении с акцентом на экономические аспекты и оценку эффективности.

Oracle NetSuite представляет собой облачную ERP-платформу, которая охватывает широкий спектр бизнес-процессов, включая управление финансами, производством, цепочками поставок, проектами и персоналом. Система отличается высокой степенью интеграции модулей, что позволяет предприятиям централизованно управлять всеми аспектами своей деятельности. Для машиностроительных предприятий Oracle NetSuite предлагает специализированные решения для планирования производства, управления заказами и контроля качества[4]. Важным преимуществом системы является ее масштабируемость, что делает ее применимой как для средних, так и для крупных предприятий. Однако высокая стоимость

лицензирования и внедрения может стать ограничивающим фактором для небольших компаний.

Infor CloudSuite, в свою очередь, представляет собой отраслевое решение, разработанное с учетом специфики машиностроения. Система базируется на облачной платформе и предлагает глубокую интеграцию с технологиями Интернета вещей (IoT), что позволяет предприятиям в реальном времени отслеживать состояние оборудования и оптимизировать производственные процессы. Infor CloudSuite также включает модули для управления финансами, логистикой и персоналом, но акцент сделан на отраслевых решениях, таких как управление производственными активами и планирование ресурсов [5]. Это делает систему особенно привлекательной для машиностроительных предприятий, ориентированных на инновации и цифровую трансформацию. Кроме того, Infor CloudSuite отличается более гибкой ценовой политикой по сравнению с Oracle NetSuite, что делает ее доступной для среднего бизнеса. Для наглядного сравнения функциональных возможностей Oracle NetSuite и Infor CloudSuite в контексте машиностроения представлена таблица 1.

Таблица 1

Сравнение функциональных возможностей Oracle NetSuite и Infor CloudSuite.

Характеристика	Oracle NetSuite	Infor CloudSuite
Управление финансами	Полный набор инструментов	Полный набор инструментов
Управление производством	Планирование, контроль качества	Планирование, интеграция с IoT
Управление цепочками поставок	Высокий уровень автоматизации	Средний уровень автоматизации
Аналитика и отчетность	Встроенные аналитические инструменты	Расширенные возможности аналитики
Интеграция с IoT	Ограниченная поддержка	Глубокая интеграция
Стоимость внедрения	Высокая	Средняя

Как видно из таблицы, обе системы обладают широким функционалом, но имеют свои уникальные особенности. Oracle NetSuite предлагает универсальное решение с высокой степенью интеграции, в то время как Infor CloudSuite ориентирована на отраслевые потребности машиностроения и обеспечивает более глубокую интеграцию с современными технологиями, такими как IoT.

Таким образом, выбор между Oracle NetSuite и Infor CloudSuite зависит от специфики предприятия, его масштабов и стратегических целей.

Внедрение ERP-систем требует значительных финансовых вложений, и для оценки их экономической целесообразности необходимо учитывать как единовременные затраты на внедрение, так и постоянные эксплуатационные расходы.

Затраты на внедрение ERP-систем включают несколько ключевых компонентов:

1. Лицензионные отчисления – стоимость приобретения лицензии на использование программного обеспечения. Согласно исследованию Panorama Consulting Group (2022), средняя стоимость лицензирования Oracle NetSuite для среднего предприятия составляет от 500 000 до 1 000 000 руб. в год, в то время как Infor CloudSuite, по данным того же исследования, обходится в 400 000–800 000 руб. в год [6].

2. Настройка и кастомизация – затраты на адаптацию системы под специфику предприятия. По данным Gartner (2021), кастомизация Oracle NetSuite может составлять от 200 000 до 500 000 руб., тогда как для Infor CloudSuite эти затраты ниже – от 150 000 до 300 000 руб., что связано с ее ориентацией на отраслевые решения.

3. Обучение персонала – затраты на обучение сотрудников работе с новой системой. Согласно отчету ERP Focus (2023), средние затраты на обучение для обеих систем составляют около 100 000 руб., но для Infor CloudSuite они могут быть ниже благодаря более интуитивно понятному интерфейсу.

После внедрения ERP-системы предприятие сталкивается с постоянными эксплуатационными расходами, которые включают:

1. Поддержка и обновления – регулярные платежи за техническую поддержку и обновления программного обеспечения. По данным исследования Forrester (2022), ежегодные затраты на поддержку Oracle NetSuite составляют около 20–25% от стоимости лицензии, что для среднего предприятия может достигать 200 000–250 000 руб. в год. Для Infor CloudSuite эти затраты ниже – 15–20% от стоимости лицензии, или 150 000–200 000 руб. в год.

2. Интеграция с другими системами – затраты на обеспечение совместимости ERP-системы с другими программными продуктами. Согласно отчету Deloitte (2021), интеграционные затраты для Oracle NetSuite могут достигать 100 000–200 000 руб., тогда как для Infor CloudSuite они составляют 50 000–150 000 руб.

3. Аппаратные и инфраструктурные затраты – в случае облачных решений, таких как Oracle NetSuite и Infor CloudSuite, эти затраты минимальны, но могут включать расходы на обеспечение стабильного интернет-соединения и кибербезопасности.

Совокупная стоимость владения (TCO) является ключевым показателем для оценки экономической целесообразности внедрения ERP-системы. TCO включает все затраты, связанные с внедрением и эксплуатацией системы на протяжении ее жизненного цикла. Формула расчета TCO может быть представлена следующим образом:

$$TCO = C_{\text{внедр}} + C_{\text{экспл}} + C_{\text{обуч}} + C_{\text{поддержка}},$$

где:

- $C_{\text{внедр}}$ – затраты на внедрение (лицензирование, настройка, кастомизация);
- $C_{\text{экспл}}$ – эксплуатационные расходы (поддержка, обновления, интеграция);
- $C_{\text{обуч}}$ – затраты на обучение персонала;
- $C_{\text{поддержка}}$ – затраты на техническую поддержку.

Для расчета TCO используем данные из исследований Panorama Consulting Group (2022), Gartner (2021) и Forrester (2022). Предположим, что срок эксплуатации системы составляет 5 лет.

Для Oracle NetSuite:

- Лицензирование: 750 000 руб. в год (среднее значение).
- Настройка и кастомизация: 350 000 руб.
- Обучение персонала: 100 000 руб.
- Поддержка и обновления: 225 000 руб. в год (22.5% от лицензии).
- Интеграция: 150 000 руб.

$$TCO = (750000 \times 5) + 350000 + 100000 + (225000 \times 5) + 150000 = 3750000 + 350000 + 100000 + 1125000 + 150000 = 5475000 \text{ руб.}$$

Для Infor CloudSuite:

- Лицензирование: 600 000 руб. в год (среднее значение).
- Настройка и кастомизация: 225 000 руб.
- Обучение персонала: 80 000 руб.
- Поддержка и обновления: 180 000 руб. в год (20% от лицензии).
- Интеграция: 100 000 руб.

$$TCO = (600000 \times 5) + 225000 + 80000 + (180000 \times 5) + 100000 = 3000000 + 225000 + 80000 + 900000 + 100000 = 4305000 \text{ руб.}$$

Для наглядного сравнения совокупной стоимости владения представлена таблица 2.

Как видно из таблицы, Infor CloudSuite демонстрирует более низкую совокупную стоимость владения по сравнению с Oracle NetSuite, что делает ее более привлекательной с точки зрения экономической эффективности [7].

Таким образом, анализ экономических аспектов внедрения ERP-систем позволяет сделать вывод о том, что Infor CloudSuite может быть более предпочтительным решением для машиностроительных предприятий, особенно в условиях ограниченного бюджета.

Таблица 2

Сравнение ТСО для Oracle NetSuite и Infor CloudSuite (руб.).

Категория затрат	Oracle NetSuite	Infor CloudSuite
Лицензирование (5 лет)	3 750 000	3 000 000
Настройка и кастомизация	350 000	225 000
Обучение персонала	100 000	80 000
Поддержка и обновления	1 125 000	900 000
Интеграция	150 000	100 000
Итого ТСО за 5 лет	5 475 000	4 305 000

Эффективность внедрения ERP-систем оценивается через призму экономической выгоды, которую получает предприятие в результате автоматизации и оптимизации бизнес-процессов. Ключевым показателем для такой оценки является возврат на инвестиции (ROI), который отражает соотношение прибыли от внедрения системы к затратам на ее реализацию.

Возврат на инвестиции (ROI) рассчитывается по следующей формуле:

$$ROI = \frac{\text{Прибыль от внедрения} - \text{Затраты на внедрение}}{\text{Затраты на внедрение}} \times 100\%,$$

где:

- Прибыль от внедрения – экономическая выгода, полученная в результате внедрения ERP-системы (снижение операционных затрат, увеличение производительности, сокращение времени выполнения заказов и т.д.);
- Затраты на внедрение – совокупная стоимость владения (ТСО), рассчитанная выше.

Для расчета прибыли от внедрения используются данные из отраслевых исследований. Согласно отчету McKinsey (2021), внедрение ERP-систем в машиностроении позволяет сократить операционные затраты на 15–20% и увеличить производительность на 10–15% [8].

Предположим, что средние годовые операционные затраты машиностроительного предприятия составляют 10 000 000 руб. Внедрение ERP-системы позволяет сократить эти затраты на 15%, что эквивалентно 1 500 000 руб. в год. Также внедрение системы увеличивает производительность, что приносит дополнительную прибыль в размере 500 000 руб. в год. Таким образом, общая годовая прибыль от внедрения составляет 2 000 000 руб.

ROI для Oracle NetSuite:

$$ROI = \frac{10\,000\,000 - 5\,475\,000}{5\,475\,000} \times 100\% = 82.6\%$$

ROI для Infor CloudSuite:

$$ROI = \frac{10\,000\,000 - 4\,305\,000}{4\,305\,000} \times 100\% = 132.3\%$$

Для наглядного сравнения ROI представлена таблица 3.

Таблица 3

Сравнение ROI для Oracle NetSuite и Infor CloudSuite.

Показатель	Oracle NetSuite	Infor CloudSuite
Затраты на внедрение (TCO)	5 475 000 руб.	4 305 000 руб.
Прибыль за 5 лет	10 000 000 руб.	10 000 000 руб.
ROI	82.6%	132.3%

Как видно из таблицы, Infor CloudSuite демонстрирует более высокий ROI по сравнению с Oracle NetSuite, что свидетельствует о ее большей экономической эффективности для машиностроительных предприятий.

Срок окупаемости – период, за который затраты на внедрение окупаются за счет полученной прибыли. Для Oracle NetSuite срок окупаемости составляет около 3.5 лет, тогда как для Infor CloudSuite – 2.5 года. Улучшение управляемости бизнеса – ERP-системы позволяют повысить прозрачность бизнес-процессов и качество принимаемых решений, что сложно оценить в денежном выражении, но что имеет значительную ценность для предприятия. Снижение рисков – автоматизация процессов минимизирует человеческие ошибки и снижает риски сбоев в производстве.

На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

- Infor CloudSuite является более экономически эффективным решением для машиностроительных предприятий, особенно для среднего бизнеса.
- Oracle NetSuite может быть предпочтительной для крупных предприятий, которым требуется высокая степень интеграции и масштабируемости.
- При выборе ERP-системы необходимо учитывать не только ROI, но и долгосрочные стратегические цели предприятия.

References

1. Шайбакова, Л. Ф. Проблемы внедрения ERP-систем в производство машин, оборудования и подвижного железнодорожного состава и пути их решения / Л. Ф. Шайбакова, Э. И. Роговский // Новшества в экономике и менеджменте : сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, Тюмень, 25 декабря 2016 года / Федеральный центр науки и образования "Эвенсис". Том Выпуск 1. – Тюмень: Автономная некоммерческая организация Институт инновационных технологий, 2016. – С. 50-51.

2. Борисова, О. В. Анализ внедрения ERP-системы в материальное производство / О. В. Борисова, А. И. Миннегулов // Актуальные аспекты развития науки и общества в эпоху цифровой трансформации : Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, Москва, 29 апреля 2024 года. – Москва: Центр развития образования и науки, 2024. – С. 328-332.
3. Смыков, И. М. Практический опыт во внедрении ERP-систем / И. М. Смыков, А. Р. Загидулин // Научные итоги 2017 года: достижения, проекты, гипотезы : сборник материалов VII Ежегодной итоговой международной научно-практической конференции, Новосибирск, 29 декабря 2017 года. – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Центр развития научного сотрудничества", 2017. – С. 173-178.
4. Надточий, И. Л. Проектирование и внедрение ERP-систем : учеб. пособие / И. Л. Надточий ; И. Л. Надточий; М-во образования Рос. Федерации, Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. "Электрон. вычисл. машины". – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 91 с. – ISBN 5-696-03002-5.
5. Башкатов, О. В. Преимущества ERP-систем и затраты, связанные с ними / О. В. Башкатов // Современная экономика: проблемы и решения. – 2010. – № 12. – С. 149-154.
6. Marsintauli, F. Evaluation of ERP Oracle NetSuite Implementation Using the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) Model to Create a Sustainable Business / F. Marsintauli, M. Sari // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 426. – P. 02037.
7. Каира, Ю. В. Сравнительный анализ российских и зарубежных ERP-систем / Ю. В. Каира, М. А. Михайлов // Компьютерные технологии в моделировании, управлении и экономике : Сборник материалов IX-й международной научно-практической конференции, Орел, 09 марта 2017 года / Под общей редакцией А.В. Полянина. – Орел: Среднерусский институт управления - филиал РАНХиГС, 2017. – С. 133-136.
8. Agung, R. Enterprise Resource Planning (ERP) Evaluation using User Experience Questionnaire and Development of Chatbot for Indonesian Insurance Company / R. Agung, Ja. Wiratama, Suryasari // G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan. – 2023. – Vol. 7, No. 1. – P. 315-324.

UDC 004.02

Shahun N. Enhancing Requirements Prioritisation: A Business Analyst's Selection Framework

Shahun Nastassia

Master of Engineering, Koszalin University of Technology
Senior IT Business Analyst, Humans Inc.

Abstract. *In the dynamic landscape of business analysis, selecting the appropriate requirements prioritisation technique is pivotal to project success. This article introduces a novel framework designed to empower business analysts (BAs) with a systematic approach for choosing the most suitable prioritisation method tailored to their specific project needs and situational variables. By evaluating key factors such as stakeholder dynamics, project complexity, and resource constraints, the proposed approach bridges the gap between traditional prioritisation methods and the nuanced demands of modern projects. Through practical examples and actionable insights, BAs will gain the tools necessary to enhance decision-making processes, optimise requirement alignment, and drive project outcomes that resonate with organisational objectives.*

Keywords: *business analysis, requirements prioritisation, prioritisation techniques, prioritisation framework, decision tree*

Рецензент: Бюллер Елена Александровна – кандидат экономических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «Адыгеский государственный университет»

Introduction

Effective prioritisation of requirements is crucial for the success of business analysis projects. It ensures that the most valuable features are delivered first, aligns outcomes with business objectives, optimises resource allocation, and enhances stakeholder satisfaction. As projects grow more complex and involve a wider range of stakeholders, the ability to prioritise accurately becomes increasingly important for business analysts (BAs).

Business Analysts have traditionally used various prioritisation techniques, each with its own strengths and limitations. Common methods include MoSCoW, the Kano Model, and Weighted Scoring, which are widely adopted in the industry. However, selecting the right technique for a specific project can be challenging due to differing project dynamics and the diverse needs of stakeholders.

To address these challenges, a new framework has been developed to help BAs systematically assess their project environments and situational factors. This framework simplifies the selection of the most effective prioritisation method, enhances decision-making processes, ensures requirements align with business goals, and ultimately leads to more successful project outcomes.

New Framework Overview

Traditionally, BAs select prioritisation techniques based on intuition, past experiences, or organisational preferences. This ad-hoc approach often leads to inconsistent outcomes and may not adequately address the unique needs of each project. Commonly, BAs might default to familiar methods like MoSCoW or Weighted Scoring without a systematic evaluation of their suitability for the current project context.

Limitations of the traditional framework applied by BAs or product owners (POs) include [1]:

- Lack of structure: Absence of a standardised process for evaluating and selecting techniques.
- Inflexibility: Tendency to stick to familiar methods regardless of project-specific requirements.
- Stakeholder misalignment: Potential failure to engage stakeholders effectively in the prioritisation process.
- Scalability issues: Difficulty in adapting techniques to varying project sizes and complexities.

The new requirements prioritisation framework addresses the shortcomings of the traditional approach by providing a structured, adaptable, and comprehensive methodology for selecting the most appropriate requirements prioritisation technique. It integrates both traditional and innovative methods, allowing BAs to make informed decisions based on a thorough evaluation of project-specific factors.

The proposed framework is built on the following core principles:

1. Adaptability: The ability to adjust prioritisation techniques based on project-specific factors.
2. Comprehensive evaluation: Considering a wide range of criteria to ensure the selected method aligns with project needs.
3. Stakeholder-centric: Prioritizing techniques that facilitate stakeholder engagement and consensus.
4. Scalability: Ensuring the method can scale with project size and complexity.
5. Practicality: Focusing on techniques that are easy to implement and understand within the project context.

To effectively select a prioritisation technique, BAs should evaluate their projects against several key criteria:

1. Project methodology:

- Agile, Waterfall, or Hybrid: Determine the predominant project methodology to align with suitable prioritisation techniques.
2. Project size and complexity:
- Small vs. Large projects: Smaller projects may benefit from simpler methods like MoSCoW, while larger projects might require more robust techniques like Weighted Scoring.
 - Technical complexity: Highly technical projects may need methods that can incorporate technical dependencies and constraints.
 - Number of requirements: Consider whether the project has few (<20), moderate (20-50), or many (>50) requirements.
3. Stakeholder involvement and dynamics:
- Number of stakeholders: Projects with numerous stakeholders may require collaborative techniques like the 100-Point Method.
 - Stakeholder influence: Techniques that account for varying levels of stakeholder influence can help manage conflicting priorities.
4. Resource availability and constraints:
- Time constraints: Methods that are quick to implement, such as Value vs. Effort Matrix, are suitable for projects with tight deadlines.
 - Resource allocation: Techniques that consider resource limitations, ensuring that high-priority requirements are achievable within available resources.
 - Financial impact: Assess if the project requires a detailed financial evaluation, making techniques like Cost-Benefit Analysis relevant.
5. Time sensitivity and flexibility:
- Project timelines: Agile projects may prefer flexible methods that allow for iterative prioritisation, whereas fixed-scope projects might need more definitive techniques.
 - Change management: Techniques that accommodate changes in requirements and priorities as the project evolves.
 - Flexibility for iterative prioritisation: Ensure the technique allows for continuous reassessment and adjustment of priorities, especially in iterative processes.
6. Documentation and transparency needs:
- Transparency: The need for clear documentation and transparent decision-making processes can influence the choice of technique.

The new framework enhances the traditional approach by introducing a systematic process that evaluates prioritisation techniques against specific project criteria. This ensures that the selected method is not only suitable but also optimised for the project's unique

environment and constraints. By incorporating a comprehensive evaluation, the framework promotes informed decision-making, reduces the risk of misalignment, and fosters greater stakeholder satisfaction.

Implementation Guide

Implementing the new framework involves a systematic process that guides BAs through assessing project parameters, mapping requirements to suitable techniques, evaluating potential methods, and ultimately selecting and tailoring the optimal technique.

Step 1: Assess project and situational parameters

BAs should begin by conducting a thorough assessment of the project's characteristics and situational variables. This includes understanding the project scope, complexity, stakeholder landscape, resource availability, and any constraints that may impact prioritisation.

Table 1

Project assessment checklist

Parameter	Description	Considerations
Project size	Scale and scope of the project	Number of requirements, team size
Complexity	Technical and operational complexity	Dependencies, integration needs
Stakeholder count	Number and diversity of stakeholders	Roles, influence, expectations
Resource availability	Budget, personnel, and technological resources	Constraints and limitations
Timeline	Project deadlines and milestones	Flexibility for iterative prioritisation
Change frequency	Expected changes in requirements	Adaptability of the prioritisation method

Step 2: Map requirements to prioritisation techniques

Using the decision tree, BAs can align project parameters with the most suitable prioritisation techniques. This involves a thorough analysis of how each method corresponds to the specific needs and constraints of the project environment. By carefully matching the project's unique characteristics with the strengths of various prioritisation methods, the chosen technique effectively addresses the project's challenges and objectives.

Step 3: Evaluate potential techniques against the criteria

After identifying a shortlist of potential techniques, BAs employ the evaluation matrix to assess each one based on key factors such as project size, complexity, stakeholder involvement, resource constraints, and flexibility. This systematic evaluation measures how

well each technique meets the established criteria, providing a clear understanding of their overall suitability for the project. By objectively comparing the techniques against these critical aspects, BAs can identify which method offers the best fit for the specific project circumstances.

Step 4: Select and tailor the most appropriate technique

Once the potential techniques have been evaluated, BAs select the one that best aligns with the project's criteria. However, the selection process does not end there. It is essential to customize the chosen method to accommodate the unique nuances of the project. For instance, if Weighted Scoring is selected, the scoring criteria might be adjusted to better reflect the project's priorities. Similarly, with the MoSCoW method, defining specific categories that resonate with the project's context can enhance its effectiveness. Tailoring the technique ensures that it not only fits the project's needs but also maximizes its potential to deliver successful outcomes.

Figures 1-3 present a comprehensive decision tree designed to guide business analysts, product owners, and project managers through selecting an appropriate requirements prioritisation technique.

Once the BA or PO arrives at a recommended technique via the decision tree, they should tailor it to the project's unique context. In some complex scenarios, a hybrid approach (e.g., starting with MoSCoW for initial categorization, then applying Weighted Scoring for fine-grained priorities) can be beneficial.

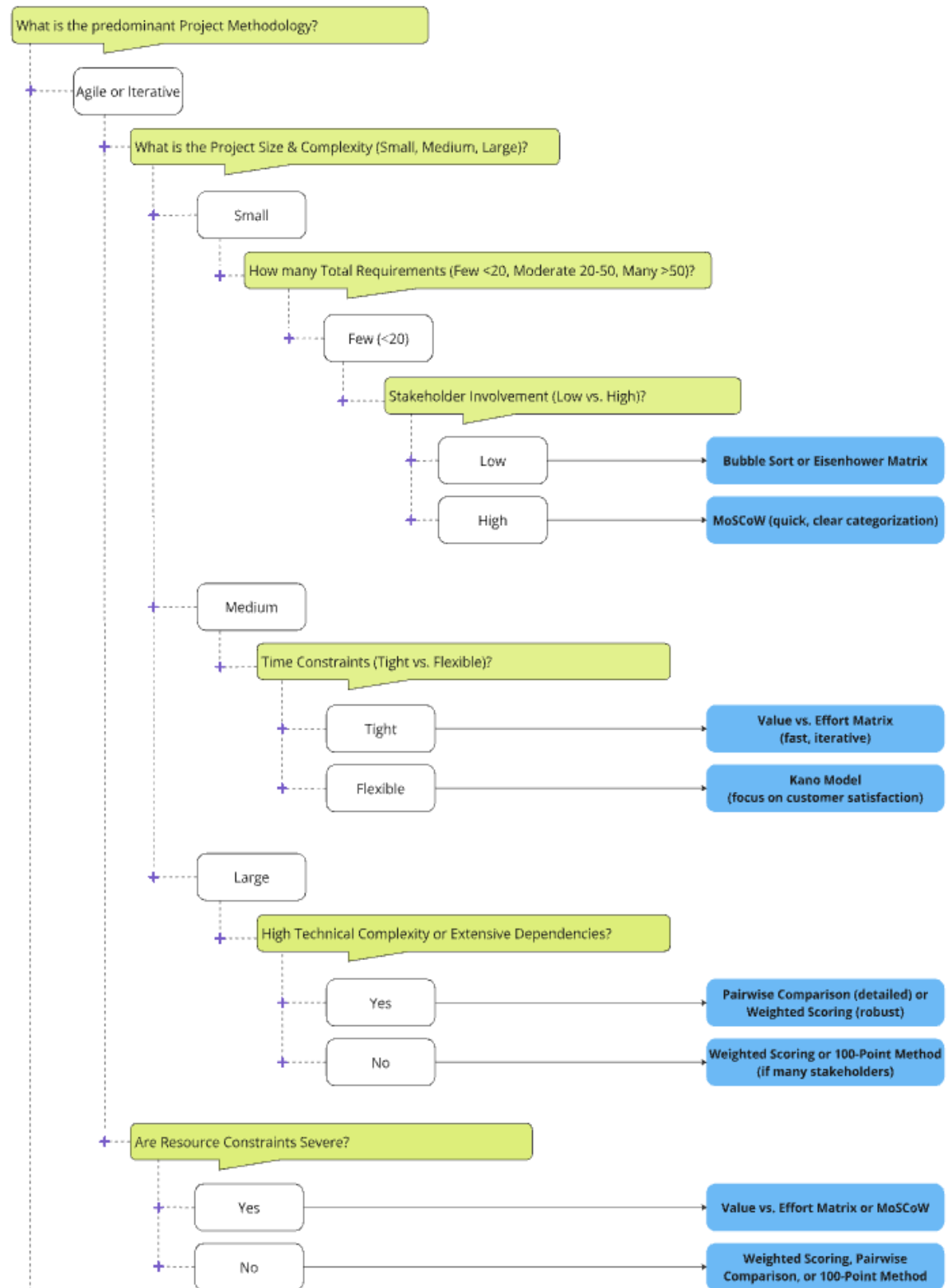


Figure 1. Decision tree for Agile projects

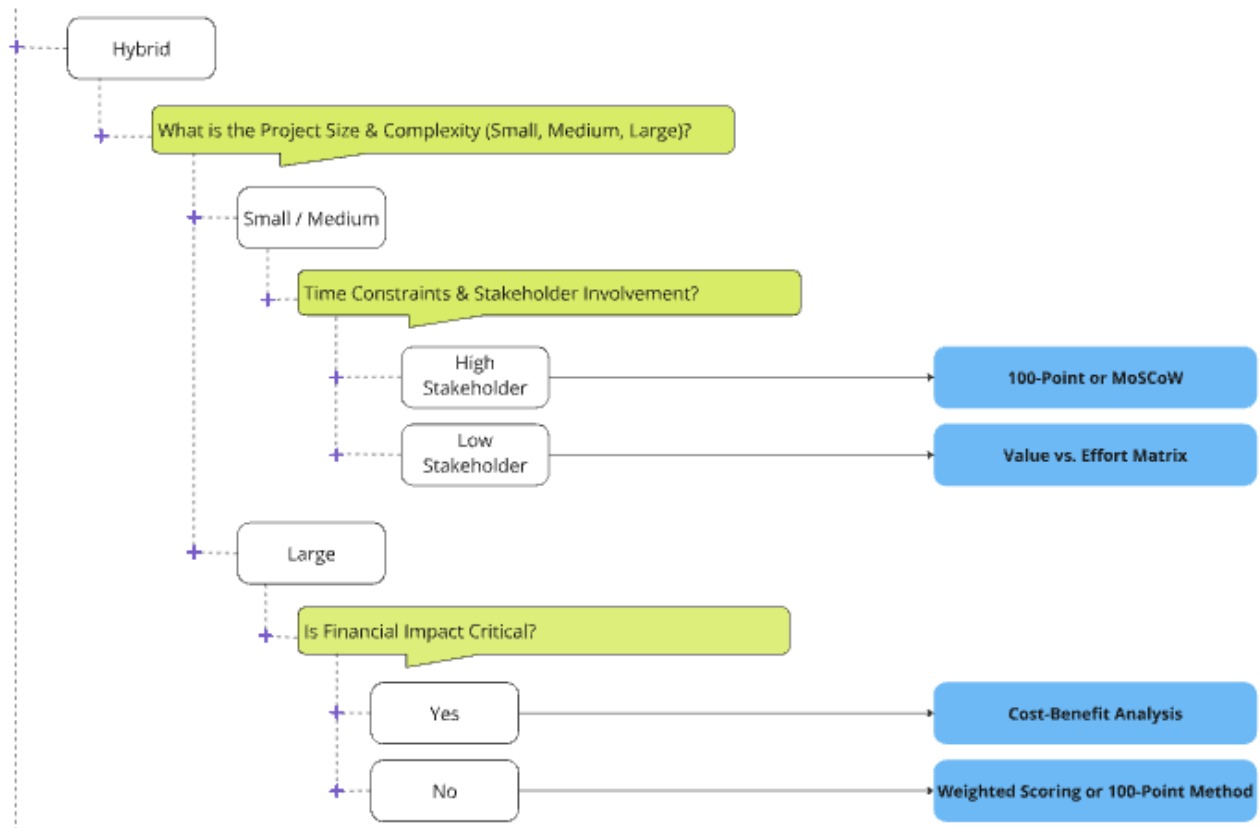


Figure 2. Decision tree for projects with hybrid methodology (mix of Agile and traditional approaches)

To effectively implement the framework, BAs should ensure that all team members are familiar with the prioritisation techniques and the framework itself. Training sessions can help in understanding how to apply the framework in various project scenarios. Additionally, integrating the framework with project management tools like Jira or Trello can streamline the prioritisation process. Maintaining detailed documentation of the prioritisation decisions and regularly reviewing the framework's effectiveness based on project feedback are also crucial steps for continuous improvement.

Implementing a new framework can come with its own set of challenges. Resistance to change can be mitigated by demonstrating the framework's benefits through pilot projects and sharing success stories. Ensuring stakeholder engagement is essential, which can be achieved by involving stakeholders early in the prioritisation process and fostering a collaborative environment. Resource limitations should be addressed by selecting prioritisation techniques that match available resources and providing adequate training to maximize efficiency. Maintaining flexibility is key, so regularly reviewing and adjusting the chosen technique to

accommodate changes in project scope or stakeholder priorities is recommended. Ensuring consistency can be achieved by developing standardized templates and guidelines while managing complexity involves focusing on key criteria and avoiding overcomplication to keep the framework user-friendly.

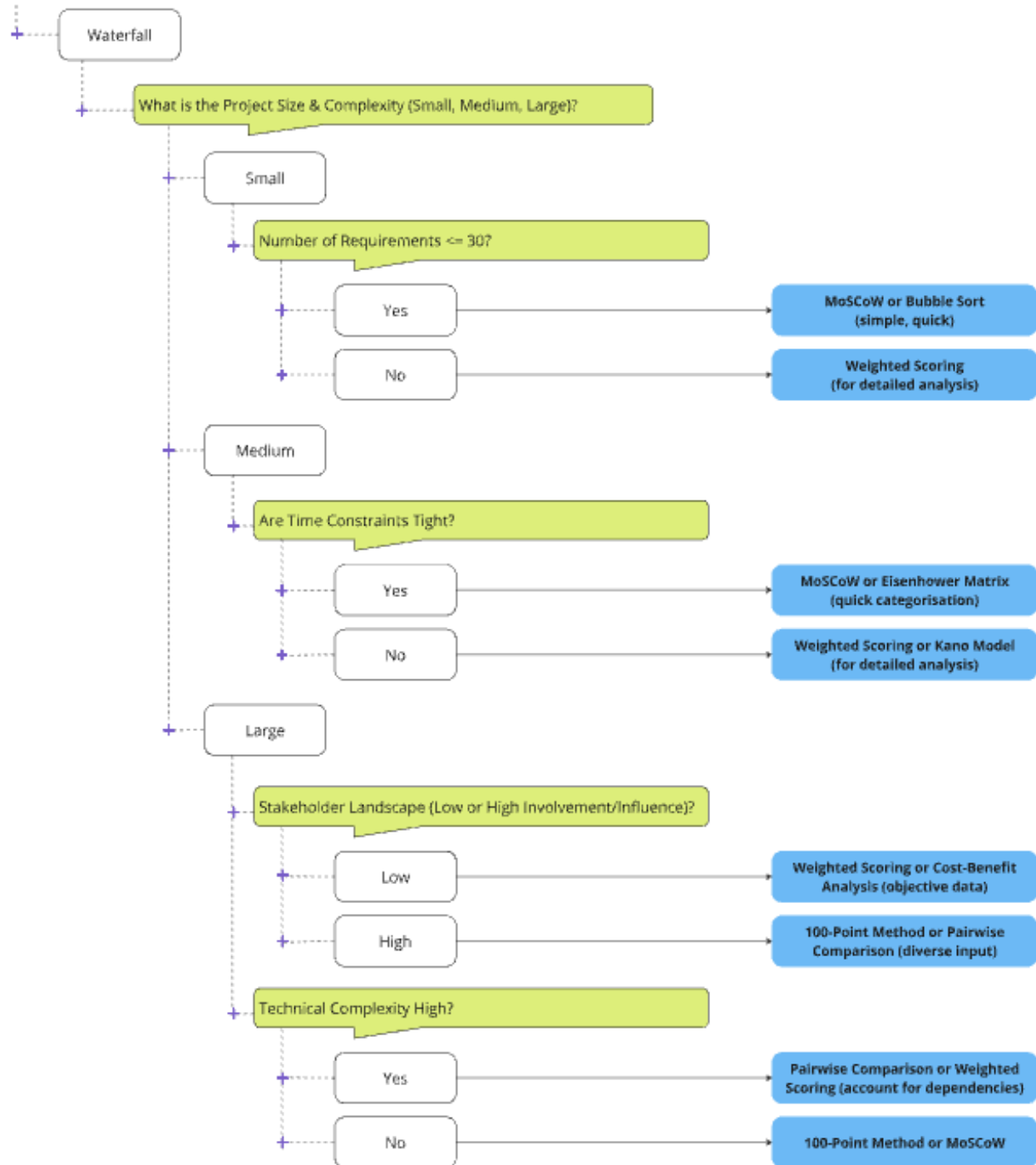


Figure 3. Decision tree for Waterfall projects

Comparative Analysis and Benefits of the New Framework

Understanding how the new framework stands against traditional approaches highlights its unique advantages and the value it brings to projects. Traditional prioritisation methods each have their own merits but also face specific limitations (Table 2) [2] [3] [4].

Table 2

Advantages and disadvantages of traditional prioritisation techniques

Technique	Strengths	Weaknesses
MoSCoW	Simple, easy to understand	May oversimplify complex requirements
Kano Model	Focuses on customer satisfaction	Requires detailed customer insights
Weighted Scoring	Comprehensive, considers multiple criteria	Can be time-consuming and complex
100-Point Method	Encourages stakeholder participation and consensus	May lead to point inflation or strategic voting
Value vs. Effort Matrix	Quick, visual prioritisation	May lack depth for highly technical projects
Bubble Sort	Simple and straightforward	Not suitable for large sets of requirements
Pairwise Comparison	Detailed and thorough	Time-consuming for large numbers of requirements
Eisenhower Matrix	Helps in categorising tasks effectively	May not capture all nuances of project requirements
Cost-Benefit Analysis	Quantifies financial impact	May overlook non-financial benefits

The new framework builds on traditional techniques by introducing a structured, adaptable approach that addresses their limitations:

- **Comprehensive evaluation:** The framework ensures that all relevant project and situational factors are considered, leading to a more informed selection of prioritisation techniques.
- **Enhanced flexibility:** It allows BAs to adapt prioritisation methods as project conditions evolve, ensuring sustained alignment with project goals.
- **Facilitated stakeholder engagement:** By promoting techniques that encourage active participation and consensus-building, the framework enhances stakeholder satisfaction and buy-in.
- **Improved scalability:** The framework supports the selection of techniques that can scale with the project's complexity and size, making it suitable for a wide range of projects.

Conclusion

Selecting the right requirements prioritisation technique is a vital step in ensuring the success of any business analysis project. The new framework provides BAs with a structured, adaptable approach to evaluate their project environments and choose the most effective prioritisation method. This not only improves decision-making processes but also ensures that requirements align seamlessly with business objectives, leading to more successful project outcomes.

Looking ahead, the field of business analysis continues to evolve, with advancements like artificial intelligence and machine learning poised to further refine prioritisation techniques. The framework can be expanded to incorporate these emerging methods, maintaining its relevance and effectiveness in a changing landscape.

For the framework to reach its full potential, ongoing adoption and continuous improvement are essential. BAs should embrace a culture of learning and adaptation, regularly refining the framework based on project experiences and feedback. By doing so, the framework will remain a valuable tool in navigating the complexities of requirements prioritisation, driving projects toward greater success and delivering maximum value to stakeholders and the organization as a whole.

References

1. Fibery Staff - Requirements Prioritization Techniques, 2024: <https://fibery.io/blog/product-management/requirements-prioritization-techniques/>. Access: 26.01.2025.
2. Swwarn Garg - Unlocking Success: A Guide to Agile Prioritization Techniques and Their Pros and Cons, 2023: <https://www.linkedin.com/pulse/unlocking-success-guide-agile-prioritization-techniques/>. Access: 26.01.2025.
3. Routemap - 5 Best Prioritization Techniques You Should Not Overlook: <https://routemap.cloud/blog/best-prioritization-techniques/>. Access: 26.01.2025.
4. Hudaib, Amjad & Masadeh, Raja & Haj Qasem, Mais & Alzaqebah, Abdullah. (2018). Requirements Prioritization Techniques Comparison. Modern Applied Science. 12. 10.5539/mas.v12n2p62.

UDC 004.932.2

Sorokin N. A., Leonova N. L. Deep learning methods for object detection: a comparative analysis of R-CNN and YOLO

Методы глубокого обучения для детекции объектов: сравнительный анализ
R-CNN и YOLO

Sorokin Nikita Alexandrovich,

Student of the Department of Applied Mathematics and Informatics,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Leonova Nadezhda Lvovna,

Senior Lecturer of the Department of Applied Mathematics and Informatics,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

***Abstract.** The article provides a comparative analysis of R-CNN and YOLO family models widely used for object detection. The basics of these models, their architecture and key characteristics are considered. Special attention is paid to the analysis of their advantages and disadvantages, such as detection accuracy, processing speed and requirements to computational resources. Examples are given of applications in various fields, including medical diagnostics, video surveillance and autonomous transport.*

***Keywords:** object detection, deep learning, R-CNN, YOLO, computer vision, object detection.*

Рецензент: Мартеха Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент.
Доцент ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Object detection or recognition is one of the key challenges in computer vision with a wide range of applications including industrial automation, security systems, autonomous vehicles and medical diagnostics. Current methods for this task are based on deep learning, which can significantly improve the accuracy and efficiency of image processing.

Neural network-based recognition methods are widely used in machine learning models. For this purpose, a training database is collected, from which a dataset is formed. Features and their combinations are extracted to identify similar objects. The machine learning model is trained to recognise the right types of patterns. Even after loading several datasets, the model may not recognise some objects correctly. If this happens, the model continues to be trained on new datasets until it reaches the desired detection accuracy. In addition, neural networks are extremely demanding to the size and quality of the dataset that will be presented as a training sample. The number of examples in this sample can reach tens and hundreds of thousands, and all of them must be prepared for training, which is a labour-intensive task. Therefore, there are a lot of open prepared datasets. However, they are more often used as

test cases of network performance, because a specific dataset is required for a particular application task.

In practice, this means that up to a certain limit, the more hidden layers in the neural network, the more accurately the image will be recognised, and this number is increased until the onset of overtraining [1]. The input of the neural network is a picture, which is divided into small areas, up to several pixels, each of which will be an input neuron. During this process, hundreds of thousands of neurons with millions of weight coefficients compare the received signals with already processed data and make adjustments to the weight values.

Object detection methods are typically based on either machine learning or deep learning. Methods based on deep learning are characterised by the use of convolutional neural networks, which enable object detection without using a list of specific features of a given object [1].

There are many different approaches and architectures of neural networks, each with its own advantages and disadvantages:

– Region Proposals (с использованием различных региональных сверточных нейронных сетей: R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN) [2]:

- Single-Shot MultiBox Detector;
- You Only Look Once (YOLO);
- RetinaNet;
- Single-Shot Refinement Neural Network for Object Detection (RefineDet);
- Deformable convolutional networks.

One of the best known families of models for object detection is R-CNN, which includes variations such as Fast R-CNN and Faster R-CNN. These models use a region-based approach that can efficiently extract objects in an image and classify them. Another popular architecture is YOLO (You Only Look Once), which is characterised by high speed performance due to viewing the image once and classifying and localising objects simultaneously. Each of these models has unique characteristics, making their selection critical to successfully solving a particular object detection problem. Let's take a closer look at these two architectures and analyse them comparatively.

The R-CNN or regional convolutional neural network model is a selective search method, is an alternative to full image search for fixing the location of an object [3]. It combines small regions of an image into a hierarchical group. Thus, the last group is a block containing the entire image. The model starts by searching the region and then performs classification. Thus, the last group represents a block containing the entire image. The detected regions are combined according to different colour spaces and similarity scores. The result is a number of region suggestions that may contain the object.

The size of each region suggestion is resized to match the input from the CNN (convolutional neural network) from which a feature vector is extracted [2]. The feature vector is classified to obtain the probabilities of belonging to each class. Each class has an SVM classifier that uses the support vector methods [4], inferring the detection probability of that object for a given feature vector. This vector also feeds a linear regressor to adapt the shapes of the bounding box to suggest the region and thus reduce localisation errors.

Each region sentence feeds a CNN to extract a feature vector, possible objects are detected using multiple SVM classifiers, and a linear regressor modifies the coordinates of the bounding box.

The disadvantages of R-CNN include:

- training the network takes a huge amount of time, we have to classify several thousand region sentences for each image;
- cannot be used in real time, it takes about 50 seconds for each test image;
- the sampling search algorithm is a fixed algorithm, so there is no training for it, this may lead to the creation of bad candidate region suggestions.

The goal of the Fast R-CNN region-based convolutional network Fast R-CNN is to reduce the time cost associated with the large number of models required to analyse all region proposals.

A basic CNN with multiple convolutional layers processes the whole image as input, in contrast to the R-CNN approach where the CNN is applied separately to each region proposal [4]. The regions of interest are identified by a sampling method which is applied to the generated feature maps. Each region of interest is then fed into fully connected layers that form a feature vector. This vector is used to predict the object class using a softmax classifier, a normalised exponential function that converts a vector of real numbers into a probability distribution of possible classes, and to refine the coordinates of the bounding box through a linear regressor.

The Faster R CNN is an improved version of the R CNN (Regions with CNN features) introduced in 2015. This architecture addresses the original R CNN's problems of slow speed and high resource consumption by introducing the Region Proposal Network (RPN). The Region Proposal Network, otherwise Region Proposal Network or RPN (see Fig. 2.1) for direct region proposal generation presents bounding box prediction and object detection. RPN uses a pre-trained ImageNet dataset model for classification and fine-tunes the PASCAL VOC dataset [3]. A faster region-based convolutional network Faster R-CNN is a combination between RPN and the Fast R-CNN model.

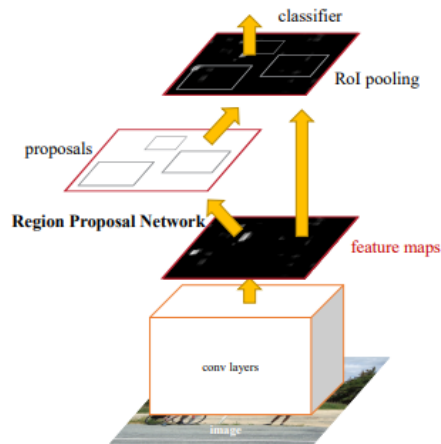


Figure 1. Region proposal network

In this case, the CNN takes the entire image as input and creates feature maps. The defining window slides over all feature maps and outputs the feature vector associated with two fully connected layers, one for block regression and one for block classification. Suggestions of multiple regions are predicted by the fully connected layers. If k regions are detected, the output of block regression layer is of size $4*k$, the coordinates of the blocks, their height and width, and the output of block classification layer is of size $2*k$ to detect the object or not in the region. The region suggestions detected by the sliding window are called anchors. When anchors are detected, they are selected by applying a threshold to the objectivity score to leave only relevant blocks. These anchor blocks and object maps computed by the original CNN model correspond to the Fast R-CNN model.

Faster R-CNN uses RPN to avoid the selective search method, speed up the training and testing processes, and improve performance.

The You Only Look Once (YOLO) method is less accurate than regional convolutional neural networks, but it is much faster, allowing real-time object detection [5]. The essence of this method is to initially divide the image into a grid of cells. Each cell is responsible for the location of an object region in the image, if the centre of this region is within the cell. For each region, the x and y coordinates, the width and height of the region, and a confidence factor are determined, which indicates the probability that an object is present in that region. This confidence is simply the probability of detecting an object multiplied by the IoU (or intersection by union) between the predicted and actual values. The simplicity of the YOLO model allows real-time predictions to be made. The network has 24 convolutional layers followed by 2 fully connected layers (Figure 2).

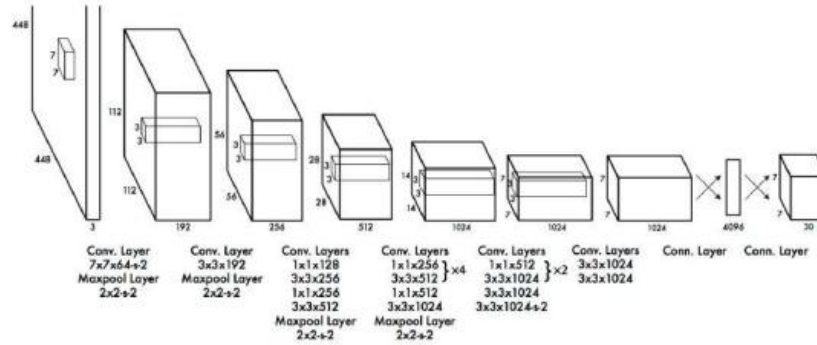


Figure 2. YOLO architecture

The basic principles of YOLO:

1. Single-stage detection. YOLO solves the problem of object detection in a single network access. It is a one-stage architecture, which is in stark contrast to traditional two-stage methods such as R CNNs or Faster R CNNs, where candidate regions are first generated and then classified. The YOLO approach significantly speeds up image processing, making it ideal for real-time tasks.

2. Fixed size grid. The image is divided into a grid where each cell is responsible for predicting the bounding boxes and the probabilities of the classes of objects within that cell [5]. This simplifies the processing of complex scenes with multiple objects.

3. Prediction of bounding boxes. For each cell, YOLO predicts a fixed number of bounding boxes. Each box is described by the centre coordinates, width, height and probability of containing an object.

4. Object classification. In addition to predicting frames, YOLO also determines the probability of an object belonging to a particular class. This allows us to identify which object is within each frame.

The advantages of the YOLO model include speed as the algorithm is able to recognise objects in real time, high accuracy, and the ability to generalise the image without burdening memory with processing. However, this algorithm has problems in identifying close objects.

Table 1.

Comparative analysis of R-CNN and YOLO class models

Model	Advantages	Disadvantages	Application
R-CNN (Fast R-CNN, Faster R-CNN)	Highly accurate localisation of objects; Flexibility to atypical objects and conditions; Increased efficiency with pre-trained models.	Slow output and high computational load; Not suitable in tasks involving video analysis; Difficult to train.	Tumour detection; Detection of objects on the road; Retail.

Model	Advantages	Disadvantages	Application
YOLO	High processing speed in tasks requiring instantaneous response; Balance between precision and recall; Relatively simple architecture; Good at generalising common features.	Has difficulty detecting small objects or objects that are far away; Limited flexibility in customisation; Highly dependent on the variety of training data.	Customer behaviour analysis; CCTV systems; Tasks requiring rapid analysis and anomaly detection; Autonomous vehicles.

This study found that the R-CNN and YOLO family models have different advantages and disadvantages that make them suitable for different applications. The R-CNN models exhibit higher object detection accuracy but require significant computational resources and are slower. In contrast, YOLO models provide high processing speed, which makes them attractive for real-time tasks, although their accuracy may be lower.

The choice between these two groups of models depends on the specific requirements of the project. If accuracy is a priority, R-CNN models should be favoured. If speed of processing is more important, then YOLO will be a better choice. It is important to note that both approaches continue to evolve and new versions of the models seek to combine the best features of both groups, providing both high accuracy and speed.

References

1. Верхов, К.А. Обнаружение объектов на изображении с использованием машинного обучения/ К.А. Верхов // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXV Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов; Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2020 – С. 226-227.
2. Тропченко А.А., Тропченко А.Ю. Методы вторичной обработки и распознавания изображений. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 215 с.
3. Вапник В.Н. Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов — М.: Издательство «Наука», 1974. — 416 с.
4. Николенко, С.И. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. / С.И. Николенко, А.А. Кудрин, Е.В. Архангельская – Санкт-Петербург : Питер, 2018. – 480 с.
5. The evolution of YOLO: Object detection algorithms [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.superannotate.com/blog/yolo-object-detection> (Дата обращения: 27.02.2025).

CONCLUSION

The International Journal of Professional Science, Issue №2(2), 2025, offers a comprehensive exploration of contemporary scientific advancements, reflecting the diverse challenges and innovations shaping our understanding of the world.

As this edition concludes, we hope it serves as an inspiration for future studies and a catalyst for continued growth in professional science. We extend our gratitude to the authors, whose works form the foundation of this journal, as well as to the reviewers and readers who contribute to its ongoing success. Together, we advance the frontiers of knowledge and create a meaningful impact on society.

Warm regards,
Krasnova N.
Editor-in-Chief
International Journal Of Professional Science

Electronic scientific editions

International journal of Professional Science

international scientific journal
№2(2)/2025

Please address for questions and comments for publication as well as suggestions
for cooperation to e-mail address mail@scipro.ru



Format 60x84/16. Conventional printed
sheets 5,1
Circulation 100 copies
Scientific public organization
“Professional science”