



"IN THE WORLD OF SCIENCE AND EDUCATION"

international scientific-practical journal

ALMATY, KAZAKHSTAN

ISSN: 3007-8946

15 JUNE 2026



els.education23@mail.ru



irc-els.com

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«IN THE WORLD OF SCIENCE AND EDUCATION»**

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«IN THE WORLD OF SCIENCE AND EDUCATION»**



Main editor: G. Shulenbaev

Editorial colleague:

B. Kuspanova
Sh Abyhanova

International editorial board:

R. Stepanov (Russia)
T. Khushruz (Uzbekistan)
A. Azizbek (Uzbekistan)
F. Doflat (Azerbaijan)

International scientific journal «IN THE WORLD OF SCIENCE AND EDUCATION», includes reports of scientists, students, undergraduates and school teachers from different countries (Kazakhstan, Tajikistan, Azerbaijan, Russia, Uzbekistan, China, Turkey, Belarus, Kyrgyzstan, Moldova, Turkmenistan, Georgia, Bulgaria, Mongolia). The materials in the collection will be of interest to the scientific community for further integration of science and education.

Международный научный журнал «IN THE WORLD OF SCIENCE AND EDUCATION», включают доклады учёных, студентов, магистрантов и учителей школ из разных стран (Казахстан, Таджикистан, Азербайджан, Россия, Узбекистан, Китай, Турция, Беларусь, Кыргызстан, Молдавия, Туркменистан, Грузия, Болгария, Монголия). Материалы сборника будут интересны научной общественности для дальнейшей интеграции науки и образования.

15 июня 2026 г.
Almaty, Kazakhstan

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20814507>
УДК 662.67.66092.174.3:541:1

CATALYTIC PYROLYSIS FRACTIONS AT LOW TEMPERATURES

JABBAROVA LALA YUSIF

dosent Institute of Physics, Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan, Baku

SULEYMANLI AGAKARIM ISRAFIL

master Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

Abstract. *Research was conducted on the catalytic pyrolysis of Baku oil fractions: 120-230°C and wide vacuum gas oil (350-500°C). Mordenite and clinoptilolite zeolites, sourced from Azerbaijan, served as catalysts. The optimal temperature for the process was identified as 650-700°C. Employing modified mordenite ($\text{NiCl}_2 - 6\text{H}_2\text{O}$) at 700°C boosted ethylene production to 40.2% and increased the quantities of propylene and alkane isomers. The pyrolysis of the 120-230°C fraction yielded about 78-79% olefins, while the vacuum gas oil fraction produced 35-37% olefins.*

Key words: *pyrolysis mordenite, clinoptilolite, catalysit, olefin hydrocarbons*

Introduction

The worldwide demand for ethylene and propylene, the primary feedstocks for petrochemical synthesis, has been steadily increasing. In 2015, the combined production capacity of ethylene and propylene plants exceeded 160 million tonnes per year. In petroleum refineries, propylene is obtained as a by-product of catalytic cracking and is co-produced with ethylene through the pyrolysis of gasoline fractions, gas oil, and liquefied petroleum gases (LPG). The growth in propylene production has been significant, increasing from 51.5 million tonnes per year in 2001 to 90 million tonnes per year in 2011. Since propylene is largely produced in conjunction with ethylene, the scale and regional distribution of propylene production influence the selection of feedstocks for olefin production units. Steam-cracking facilities operating on light hydrocarbon feedstocks, such as ethane and propane, are unable to meet the continuously growing demand for propylene. Addressing this challenge requires the utilization of heavier feedstocks, including naphtha and gas oil, the implementation of propane dehydrogenation technologies, or an increase in propylene production at petroleum refineries. Therefore, the development of catalytic pyrolysis processes capable of enhancing the yields of light olefins, particularly propylene, while reducing production costs, represents an important and timely research objective. Olefinic hydrocarbons, including ethylene, propylene, and butenes, constitute the foundation of the petrochemical industry. Ethylene serves as a key feedstock for the production of a wide range of chemicals and materials, including ethanol, ethylbenzene, ethylene oxide, polyethylene, and dichloroethane. Propylene is likewise indispensable for the manufacture of cumene, polypropylene, isopropyl alcohol, and glycerol. Consequently, these light olefins are produced on a very large scale, and their global production continues to grow steadily. Traditionally, these olefins are produced through thermal steam cracking in tubular furnaces. Since this technology has reached a high level of maturity and already provides high yields of the target products, increasing attention has been directed toward catalytic pyrolysis. The introduction of catalysts offers the potential for significant reductions in both energy consumption and capital investment. Furthermore, the extensive experience accumulated in the field of catalytic cracking, including the development of various reactor–regenerator configurations, provides a solid foundation for the design and implementation of efficient catalytic pyrolysis systems. Low-temperature catalytic pyrolysis is a modern approach for the conversion of hydrocarbon feedstocks, including petroleum fractions, biomass, and polymers, at moderate temperatures (350–700 °C) in the presence of catalysts. Unlike conventional thermal pyrolysis, which typically requires temperatures of 770–900 °C, catalytic systems lower the energy

demand of the process, making it more economically attractive and less energy-intensive. The optimum operating temperature for catalytic pyrolysis is generally around 700 °C. This technology has been successfully applied to the processing of light petroleum fractions (naphtha) and coal for the production of valuable chemicals, including ethylene, propylene, and aromatic hydrocarbons such as benzene, toluene, and xylene. The performance and product distribution of the process are largely determined by the nature of the catalyst employed. The following types of catalysts are widely used in catalytic pyrolysis:

- **Zeolites (ZSM-5, HY, HBeta, and USY):** This class of catalysts is the most widely employed in catalytic pyrolysis processes. Owing to their unique microporous structure and the presence of acidic active sites, zeolites effectively promote cracking and isomerization reactions while enhancing product selectivity. In addition, their structural properties contribute to suppressing coke formation, thereby improving catalyst stability and process performance.

- **Modified metal oxides:** These catalysts include systems based on NiO/ZSM-5 as well as cobalt- and nickel-containing compounds. They promote dehydrogenation reactions and enhance the production of valuable light gaseous products, thereby improving the yield of target olefins.

- **Natural clays (bentonites):** These materials represent a cost-effective alternative to conventional catalysts and are widely used in waste conversion processes. Their availability, low cost, and catalytic activity make them attractive for the pyrolysis of various waste-derived feedstocks.

Key advantages over conventional thermal pyrolysis include:

- **High selectivity:** Catalysts enable precise control over product distribution, allowing the yield of specific products, such as propylene, to be increased relative to ethylene.

- **Reduced coke formation:** Catalytic systems suppress undesirable side reactions responsible for coke deposition, thereby improving catalyst lifetime and process efficiency.

- **Simplified equipment design:** Lower operating temperatures, typically around 600 °C, reduce the need for expensive high-temperature-resistant alloys in reactor construction, resulting in lower capital costs.

- **Environmental benefits:** The process is inherently more sustainable due to reduced fuel consumption for heating, which leads to lower direct carbon emissions and improved overall energy efficiency.

Pyrolysis of hydrocarbon feedstocks in tubular furnaces, followed by product separation in low-temperature gas fractionation systems, is the principal method for producing these and other unsaturated hydrocarbons, such as butadiene, butenes, acetylene, allene, methylacetylene, cyclopentadiene, as well as bi- and polycyclic aromatic hydrocarbons. The essence of pyrolysis lies in the high-temperature thermal decomposition of hydrocarbon feedstocks. This process represents a complex system of interconnected chemical reactions proceeding both simultaneously and sequentially, resulting in the formation of a broad spectrum of products.

The feedstock for pyrolysis is extremely diverse and includes ethane, various propane–butane and propane–butane–pentane mixtures, as well as butane, pentane, and hexane fractions. It also comprises wide cuts of light hydrocarbons, naphtha (straight-run and raffinates), their narrow fractions, and atmospheric gas oil. In the United States, due to the early development of the gas processing industry, the petrochemical sector has traditionally been supplied with light hydrocarbon feedstocks such as ethane and liquefied petroleum gases. In Western Europe, by contrast, straight-run naphtha was long the primary feedstock; however, there is now a growing trend toward the increased use of C2–C4 fractions and gas oils [1].

The primary feedstock for Russian pyrolysis units consists of various naphtha fractions [2]. To date, steam cracking in tubular furnaces remains the only widely applied industrial method for the production of unsaturated hydrocarbons. Despite the introduction of technological improvements, including optimization of furnace coil design, which has contributed to increased yields of light olefins and improved economic performance, this method has inherent limitations [3].

Research in the field of pyrolysis is actively developing, and one of the key directions is the implementation of catalytic systems. The use of such catalysts opens up opportunities for optimizing the processing of both light and heavy feedstocks. This enables a significant increase in the yield of target light olefins while minimizing the formation of coke and undesirable by-products. Moreover, pyrolysis catalysts can enhance the concentration of valuable aromatic hydrocarbons, which is particularly important when processing heavy petroleum feedstocks [4].

For efficient pyrolysis of hydrocarbon feedstocks, catalysts must exhibit high activity and selectivity. Important factors also include resistance to deactivation, mechanical strength, and a low tendency toward coking, which together ensure prolonged operational stability without the need for frequent regeneration. These key characteristics are achieved through the synergy between the active components and the properties of the supports used. A variety of materials can serve as catalyst supports, including clays, highly active alumina oxides, rare-earth metal oxides, different types of silica gels, zeolites, and ceramic materials [5].

At the initial stage of catalyst development for pyrolysis, various metals (nickel, iron, copper, aluminum, etc.) and their oxides were investigated [4]. The initially studied catalysts demonstrated low efficiency due to significant methane formation and coke deposition. Subsequent research focused on compounds of different elements of the periodic table. Among these, metal oxides with variable valence states (vanadium, indium, manganese, chromium, molybdenum), oxides and aluminates of alkali and alkaline-earth metals (calcium and magnesium), as well as rare-earth metal oxides and crystalline or amorphous aluminosilicates were predominant [3].

To improve catalyst performance, active components are typically dispersed on suitable support materials. These may include pumice, various forms of alumina or zirconia, as well as certain aluminosilicates. In the case of pyrolysis catalysts, the most effective and extensively studied systems include potassium metavanadate, indium oxide, calcium and magnesium oxides, and selected zeolites. It is also worth noting iron–chromium catalysts modified with potassium oxide, which have attracted considerable interest [3].

Researchers have developed catalysts based on barium chloride for the pyrolysis of straight-run naphtha, reformat raffinates, and cracked gasoline fractions. Currently, high-silica zeolites are being actively investigated due to their outstanding catalytic properties, particularly in the production of olefins and aromatic hydrocarbons from low-quality feedstocks. Among them, H-ultrasil with a $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio of 200 demonstrates high efficiency in the production of C2–C4 olefins. When H-forms of high-silica zeolites are used, n-hexane undergoes more complete conversion, leading to the formation of up to 75% aromatic hydrocarbons (benzene, toluene, xylenes) in the liquid products.

At a temperature of 650 °C, condensed aromatic compounds (e.g., naphthalene and phenanthrene) are also detected in these products, which contribute to coke formation on the catalyst surface. An increase in the SiO_2 content of zeolites reduces coke formation [6]. The implementation of catalytic systems enables a substantial reduction in energy consumption, capital investment in equipment design, and other operational costs. The catalytic cracking process is characterized by a high degree of technological maturity, and the availability of numerous developed reactor–regenerator configurations provides a solid basis for the design of catalytic pyrolysis reaction systems.

A naphtha fraction was used as the pyrolysis feedstock, which under thermal treatment exhibits increased yields of unsaturated hydrocarbons [7, 8].

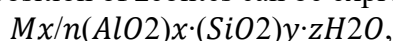
Objects and Methods of Research

The objective of this study is to investigate the catalytic pyrolysis of hydrocarbon feedstocks. To achieve this goal, it was necessary to select an experimental setup for conducting the catalytic pyrolysis process, choose and evaluate the catalysts and feedstocks used in the experiments, and examine the influence of process conditions on product yields. The tubular reactor was a stainless-steel tube with an internal diameter of 15 mm. It was placed inside an electric furnace. The furnace temperature was monitored using a thermocouple, while temperature control was maintained using

a temperature regulator. At the feed inlet section, a thin metal mesh was installed, on which quartz particles were placed to ensure uniform flow distribution. Gas samples collected during the experiments were analyzed using gas chromatography. The catalyst was loaded into the reactor. For the dehydrogenation reaction, the standard Gibbs free energy (ΔG°) becomes zero at a temperature of 669 °C. At temperatures above 827 °C, the isobaric potential of all saturated hydrocarbons (except methane) is higher than that of ethylene; therefore, all of them can be used as feedstock for ethylene production. These thermodynamic considerations are important for thermal processes, in which the main governing parameters are temperature and residence time in the reaction zone. An increase in residence time of the feedstock in the reactor leads to its decomposition into carbon and hydrogen. Therefore, residence times in the range of 0.1–4 s are typically applied [9,10].

Experimental procedure: Natural zeolites, specifically mordenite and clinoptilolite, were used as catalysts in this study.

All zeolites possess a framework composed of tetrahedral layers (11). The chemical composition of zeolites can be expressed as:



where (M) represents cations with valence (n) (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Mg^{2+}),

(z) denotes the number of water molecules, and the ratio (y/x) varies from 1 to 5 depending on the zeolite type.

A common feature of both zeolites used in this study is the presence of a three-dimensional framework forming a system of cavities and channels, within which cations and water molecules are located. Clinoptilolite and mordenite are widely distributed in nature and represent valuable natural zeolite materials. Clinoptilolite is characterized by high ion-exchange rates. Both mordenite and clinoptilolite exhibit high thermal stability and are distinguished by a high Si/Al ratio. A common feature of both zeolites used in this study is the presence of a three-dimensional framework forming a system of cavities and channels, within which cations and water molecules are located. Clinoptilolite and mordenite are widely distributed in nature and represent valuable natural zeolite materials. Clinoptilolite is characterized by high ion-exchange rates. Both mordenite and clinoptilolite exhibit high thermal stability and are distinguished by a high Si/Al ratio. During successive introduction of feedstock samples into the reactor, changes in the degree of conversion were observed, indicating a variation in catalyst activity. The activity of the catalysts gradually decreased with an increasing number of injected samples; however, after a certain period, it reached a steady-state condition. Pyrolysis was carried out at a temperature of 650 °C, with a contact time of approximately 2.8–3.0 s. The volume of each injected sample was 6 mm³.

Table 1

Presents the full component composition of the gaseous sample obtained during catalytic conversion of the 120–230 °C fraction at temperatures ranging from 600 to 700 °C.

Substance, yield % mass.	Temperature, 0C					
	600	650	700	600	650	700
	on modified mordenite			on natural clinoptilolite		
Hydrogen	0,39	0,65	1,95	0,2	0,3	0,1
Methane	2,4	4	6	1	2,3	2
ethane	4,6	3,5	5,2	1,2	2,8	1,9
propane	12	5	2	4	3,9	2,8
butane	5,25	3	1,75	6,3	4,7	4,2
pentane	3	0,95	0,55	2	1,6	1,4
i-butane	7	3	2	7,5	6,8	6
I-pentane	3,83	2,3	1,4	4	3,4	2,8
ethylene	21,88	38,54	40	30,4	33,5	34,6

propylene	28	28	28	28	28,3	32
butenes	11,85	10,5	10	15,3	12,4	11,9
olefins	61,78	77,34	79	74	74,2	79

As can be seen from the data in Table 1, clinoptilolite more strongly promotes isomerization reactions; therefore, higher yields of isobutane and isopentane are observed compared to ethane, methane, and hydrogen. An increase in the yields of butenes and propylene is also observed, while the ethylene yield slightly decreases. The total yield of unsaturated hydrocarbons at temperatures of 650–700 °C remains approximately the same. When both catalysts are used, the reaction proceeds via a carbonium-ion mechanism; however, this mechanism is more pronounced in the case of clinoptilolite. The formation of C₁–C₂ products via the carbonium-ion mechanism is relatively low, and C₃–C₄ and C₁–C₂ fractions in the gaseous products formed during the process over mordenite at 650 °C amount to 7.17%, while over clinoptilolite they reach 22.5%. Since the most stable intermediate is the tertiary carbonium ion, at 600 °C the amount of isobutane and isopentane formed over mordenite is 10.73%, whereas over clinoptilolite it is 11.4%. At 700 °C, significant amounts of ethylene, propylene, and butenes are produced; however, the formation of methane and ethane over clinoptilolite is lower than that observed during pyrolysis over mordenite. An increase in hydrogen formation during the process over mordenite indicates that radical-chain reactions begin to play an increasingly important role with rising temperature. In the case of clinoptilolite, the reactions still predominantly proceed via a carbonium-ion mechanism. Predicting the pyrolysis pathway of hydrocarbons is a complex task, as the mechanism of higher alkane pyrolysis represents a combination of numerous primary and secondary reactions. Therefore, it can be stated that at 600 °C the carbonium-ion mechanism predominates, whereas with an increase in temperature to 700 °C and above, the contribution of radical-chain mechanisms becomes more significant. Pyrolysis at high temperatures without the addition of steam leads to a decrease in the specific surface area of the catalyst (12). The decrease in specific surface area is likely caused by the removal of hydroxyl groups from the catalyst surface, resulting in the formation of a certain amount of water vapor. In this process, two protonic centers disappear, while one aprotonic center is formed, leading to the generation of acid–base pairs (13). For comparison, catalytic pyrolysis of vacuum gas oil boiling in the range of 350–500 °C, obtained from the distillation of a mixture of Baku crudes, was also carried out. The total content of paraffinic–naphthenic hydrocarbons in the vacuum gas oil is 59 wt.%. During pyrolysis, the product composition differs significantly from that obtained from the 120–230 °C fraction. The yields of ethylene and propylene decrease, while the amount of liquid products increases. In addition, coke formation increases significantly during the pyrolysis of vacuum gas oil.

CONCLUSION

As a result of studies on catalytic pyrolysis over nickel salt-modified mordenite and natural clinoptilolite, it was established that the highest yields of C₂–C₄ olefins are obtained in the temperature range of 650–700 °C. During pyrolysis of the straight-run 120–230 °C fraction at 700 °C, approximately 35–40% ethylene and 28–32% propylene are formed. When clinoptilolite is used as the catalyst, the yields of propylene and butenes increase. In the case of vacuum gas oil pyrolysis (350–500 °C), the yield of olefinic hydrocarbons decreases by more than two times, while the formation of liquid products and coke increases. The use of clinoptilolite also leads to an increase in the formation of isobutane and isopentane.

REFERENCES

1. New Handbook of a Chemist and Technologist. Raw Materials and Products of the Organic and Inorganic Substances Industry. Part I. St. Petersburg: ANO NPO Mir i Semya, ANO NPO Professional, 2002. 988 p.
2. Morozov A. Yu., Karatun O. N., Saushin A. Z. Obtaining Unsaturated Hydrocarbons in the Pyrolysis Process // Vestn. Astrakhan State Technical University. 2008. No. 6 (47). pp. 161–163.
3. Pyrolysis of Hydrocarbon Raw Materials / T. N. Mukhina, N. L. Barabanov, S. E. Babash, et al. Moscow: Chemistry, 1987. 240 p.
4. Pyrolysis of hydrocarbon feedstock in the presence of catalysts / T. N. Mukhina, S. P. Chernykh, A. D. Berents et al. - Moscow: TsNIITeneftkhim, 1978. - 72 p.
5. Zhagfarov F. G. Development of the process of catalytic pyrolysis of hydrocarbon feedstock: dis. ... Doctor of Engineering Sciences: 02.00.13 - Moscow: RGB, 2006. - 261 p.
6. Solodova N. L., Abdullin A. I. Pyrolysis of hydrocarbon feedstock: textbook. - Kazan: Publishing house of Kazan. state technological University, 2008. - 240 p.
7. Karatun O. N., Morozov A. Yu. Influence of process parameters on the process of pyrolysis of gasoline fraction of AGPP // Chemistry and chemical technology. 2009. Vol. 52, No. 7. P. 113–115.
8. Morozov A. Yu., Karatun O. N. Thermal pyrolysis of gasoline fraction 62–180 °C of Astrakhan gas condensate field // Chemistry and chemical technology 2009. Vol. 52, No. 11. P 141–143.
9. Dadaeva, G.C., Yusif-zade, A.A., & Mamedkhanova, S.A. (2020). Catalytic pyrolysis on Azerbaijan zeolites. ISJ Theoretical & Applied Science, 02 (82), 48-54.
10. Bashirov, R.F. (2002). Razrabotka i optimizacija processa piroliza uglevodorodnogo syr'ja na otrabotannom ceolitsoderzhashhem katalizatore. – Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni k.t.n. (p.174). Ufa.
11. Ganbarov, D.M., & Amirov, S.T. (2001). Strukturnaja himija ceolitov. (p.242). Baku: Jelm
12. Jacobs, P. (1983). Carbon activity of zeolites. Persian English. (p. 144). Moscow: Chemistry.
13. Yusifzade A.A., Dadaeva G.Ch., Abbasly N.A. (2019). Liquid products of catalytic pyrolysis coking. Kollokim – journal – Wydrukowano w Chocimska 24,00 – 001 Warsaw, Poland – No. 10, str. 197-202.

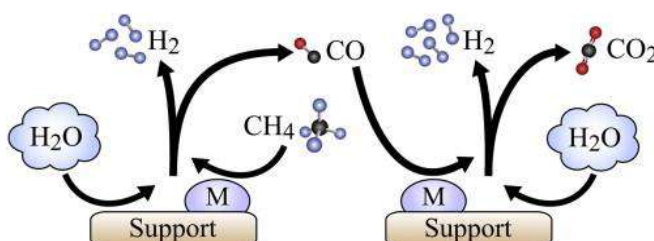
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20814669>
УДК 662.767.1 + 66.092.094.3

A REVIEW OF INNOVATIONS IN WATER-GAS SHIFT AND STEAM REFORMING FOR HYDROGEN PRODUCTION

JABBAROVA L.Y., MURSALIYEVA N. C.

Institute of Physics, Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan, Baku

Abstract. *Hydrogen is considered the clean fuel of the future, with the highest mass-based energy density among known fuels. Water gas shift (WGS) and steam reforming (SR) are the main reactions used for hydrogen production, and improved catalysts are essential for the future of WGS and SR processes. Major advances have been made recently in various aspects of these fields, including approaches to preparation and characterization, doping and promotion, and evaluation of catalysts, especially nanocatalysts. Significant progress has been made in improving the stability of catalysts, overall feedstock conversion, and selectivity of hydrogen production. The aim of this review is to introduce these hydrogen production processes, present developments in these areas, and discuss recent advances that have had notable impacts.*



Introduction

Environmental concerns about greenhouse gas emissions have become a major issue that has prompted the development and application of techniques to reduce the impact of fossil fuel combustion [1]. Carbon dioxide (CO₂) capture is a technology that can be applied to existing plants that produce large amounts of CO₂, and as new efficient technologies are developed, its application to existing plants is becoming a more viable option [2], [3], [4], [5]. CO₂ emissions can also be reduced by using alternative fuels for energy production methods, such as the use of hydrogen (H₂), the production of which will be investigated in this study. Hydrogen is one of many fuel options for the future and is particularly attractive because it can be stored and transported efficiently and burns cleanly, producing only water as a byproduct. Although hydrogen production from fossil fuels is not sustainable, a stable supply of renewable fuels is currently not possible. Some promising renewable technologies for hydrogen production include water splitting and biogas reforming. Water splitting separates oxygen and hydrogen from water and breaks these bonds by various methods, such as photoelectrochemical decomposition, photocatalysis, and electrolysis. Photoelectrochemical (PEC) water splitting uses a PEC cell that contains a photocatalyst-coated anode, an electrocatalyst-coated cathode, and an electrolyte that together generates electron-hole pairs that drive oxidation and reduction reactions [6], [7], [8], [9]. The use of particulate photocatalysts for direct conversion is also an important area of research, as it is a one-step conversion process using a single catalyst instead of two catalysts as in PEC [10]. Since sunlight does not have a high enough energy density to enable high-energy activities such as transportation, these processes allow the energy from the sun to be stored and used later. Another renewable source of hydrogen is biogas reforming, and bioethanol produced from biomass is a typical biogas [11], [12], [13]. Biomass is usually obtained from agricultural crops, although some plants are grown exclusively for energy production. Neither water splitting nor biogas reforming is a mature technology that can be applied on a large scale. Therefore, hydrogen production from fossil fuels can meet energy needs in an environmentally conscious manner, facilitating immediate reductions in greenhouse gas emissions. Many things need to happen for hydrogen to become a viable fuel

option. It needs to be produced in larger quantities in a clean and efficient manner, the infrastructure needs to be put in place to distribute the hydrogen to customers, and the production costs need to be reduced. The deployment of infrastructure by industry depends on a stable and efficient supply, so the first step in hydrogen energy production is to develop methods to ensure that these requirements are met. To reduce production costs, catalysts need to be found that can increase the activity of the water gas shift (WGS) and steam reforming (SR) reactions, the main producers of hydrogen, while at the same time reducing the problems encountered with traditional catalysts, such as low conversion, high energy demand, and deactivation during startup and shutdown [14], [15], [16].

Reforming of gaseous fuels is currently the main source of hydrogen. In 2012, SR from methane (CH₄) accounted for 95% of hydrogen production in the United States [17]. The SR reaction (R1) uses methane and steam to produce H₂ and carbon monoxide (CO). The CO can be further converted using the WGS reaction (R2) to produce additional hydrogen by converting CO and steam to CO₂ and H₂. Together, these reactions form an overall reaction (R3) that converts methane to carbon dioxide and hydrogen [18], [19].

To achieve large amounts of H₂ production, a catalyst that facilitates activation must be selected. Traditional catalysts are intolerant to poisons and require special activation procedures [20]. Recently, many studies have focused on catalysts that can overcome these problems, as well as achieve a theoretical yield of nearly 100% hydrogen in WGS and SR reactions, while also increasing stability and reducing energy input [21], [22]. Although single metal systems on activated supports have been extensively studied and characterized, a more innovative approach to hydrogen production through catalysis comes in the form of bimetallics. Bimetallics can have capabilities that are very different from those of the individual metals that compose them. These features, as well as the extremely promising results of previous studies, have led to an increase in research focused on bimetallic compounds. Higher conversions and selectivities are achieved by using bimetallics with dispersed nanoscale interacting particles. On the contrary, these compounds are more difficult to prepare and characterize due to the presence of additional metals [17]. A large number of metal-support combinations have been investigated, some of which have outperformed traditional catalysts by a large margin. These new catalysts have not only increased the conversion of desired gases, but also increased the selectivity, stability, and energy costs required for the conversion.

Reforming

Steam reforming can be used with a wide variety of feedstocks, including methane, ethane, methanol, ethanol, acetone, and higher hydrocarbons, and much research has been devoted to the characterization of catalysts using these feedstocks. Methane has received much attention due to its favorable byproduct formation compared to other feeds [17]. Methanol and ethanol are increasingly being studied, and a number of reaction mechanisms have been proposed. Common products of gasification and reforming include CO₂, which the WGS reaction converts while producing additional hydrogen, making WGS very important for increasing hydrogen production. WGS is a generally exothermic system

Common Problems with Reforming and WGS Catalysts

SR and WGS reactions are affected by many variables, including reaction conditions such as temperature and pressure, S/C ratio, feedstock used, reactor properties and residence time; and physical parameters such as catalyst composition, additive dispersion, sintering and poisoning. All of these factors affect how the catalyst performs and can produce very different results. The same catalyst can produce very different results due to these variations, and to account for these.

Conclusion

Advances in catalysis technologies and methods have improved the status of SR and WGS. Nanoscale particle synthesis methods, including impregnation, co-spraying, and chemical vapor deposition, allow for highly dispersed additives and high activity. The addition of metal or bimetallic species to the catalyst can improve selectivity, durability, and activity. Many typical problems associated with catalysts, including coke formation, active agents, can be overcome by the addition of these metals.

REFERENCES

1. The progress in water gas shift and steam reforming hydrogen production technologies – A review International Journal of Hydrogen Energy. V 39, I. 30, (2014)
2. M. Antoniadou *et al.* Platinum-free photoelectrochemical water splitting Catal Commun (2014)
3. Y. Moriya *et al.* Recent progress in the development of (oxy)nitride photocatalysts for water splitting under visible-light irradiation Coord Chem Rev(2013)
4. J.H. Oakley *et al.* Industrial scale steam reforming of bioethanol: a conceptual study Int J Hydrogen Energy(2010)
5. Z. Khila *et al.* A comparative study on energetic and exergetic assessment of hydrogen production from bioethanol via steam reforming, partial oxidation and auto-thermal reforming processes Fuel Process Technol (2013)
6. C.-C. Cormos Renewable hydrogen production concepts from bioethanol reforming with carbon capture Int J Hydrogen Energy(2014)
7. Tanksale *et al.* A review of catalytic hydrogen production processes from biomass Renew Sustain Energy Rev(2010)
8. J. Yu *et al.* Char-supported nano iron catalyst for water-gas-shift reaction: hydrogen production from coal/biomass gasification. Process Saf Environ (2006)
9. F. Joensen *et al.* Conversion of hydrocarbons and alcohols for fuel cells J Power Sources(2002)
10. M.H. Halabi *et al.* Low temperature catalytic methane steam reforming over ceria–zirconia supported rhodium. Appl Catal A(2010)
11. L. He *et al.* Dynamic separation of ultra-dilute CO₂ by nanoporous amine-based sorbent Chemical Engineering J. (2012)
12. M. Antoniadou *et al.* Platinum-free photoelectrochemical water splitting. Catal Commun. (2014)
13. Y. Moriya *et al.* Recent advances in the preparation of (oxy) nitride photocatalysts for water splitting under visible light irradiation Coord Chem Rev (2013)
14. J H Oakley *və digərləri* Bioetanolun sənaye miqyaslı buxar islahatları: konseptual tədqiqat Beynəlxalq Hidrogen Enerjisi(2010)
15. Z. Khila *et al.* Comparative study on energy and exergy evaluation of hydrogen production from bioethanol via steam reforming, partial oxidation and autothermal reforming processes Fuel Process Technology (2013)
16. C.-C. Cormos Renewable hydrogen production concepts from bioethanol reforming with carbon capture International Hydrogen Energy (2014)
17. Tanksale *et al.* Overview of catalytic hydrogen production processes from biomass Sustainable Energy Innovation (2010)
18. J. Yu *et al.* Coal-supported nano iron catalyst for water-gas shift reaction: hydrogen production from coal/biomass gasification Process Safety Environment (2006) F. Joensen *et al.* Conversion of hydrocarbons and alcohols for fuel cells J Energy Sources (2002)
19. MH Halabi *et al.* Low-temperature catalytic methane steam reforming over ceria-zirconium supported rhodium Appl Catal A (2010)
20. X. Wang *et al.* Effect of Fe and other promoters on Pd/ceria activity for water-gas shift reaction Appl Catal A (2003)
21. AE Aksoylu *et al.* Bimetallic Pt–Sn catalysts supported on activated carbon. II. CO oxidation Catal Today (2000)
22. DW Jeong *et al.* Effect of preparation method on catalytic performance compared with superior MgO promoted NiCe 0.8 Zr 0.2 O₂ catalyst for CH₄ to CO₂ reforming International Hydrogen Energy (2013)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20814765>
UOT 62.523.8 (075.10)

ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ TEXNİKİ İTKİLƏRİN STRUKTUR ANALİZİ VƏ MODERNLƏŞMƏ TEXNOLOGİYALARININ SƏMƏRƏLİLİYİ

AĞAMİRZƏYEV K.Y

Magistrant.

Azərbaycan memarlıq və İnşaat Universiteti
Azərbaycan, Bakı

Elmi rəhbər: HƏSƏNOV T.Q

Xülasə. Müasir dövrdə enerji resurslarının səmərəli istifadəsi bütün dünya ölkələri üçün strateji prioritet sayılır. Elektrik enerjisinin istehsalı və paylanması proseslərində baş verən itkilər bəzən ümumi istehsalın 10–15%-nə qədər yüksəlir ki, bu da həm iqtisadi, həm də texniki baxımdan ciddi nəticələrə gətirib çıxarır. Təqdim olunan məqalə paylayıcı elektrik şəbəkələrində mövcud olan texniki itkilərin yaranma mexanizmlərini, onların strukturunu və bu itkilərin minimuma endirilməsi üçün tətbiq edilən müasir modernləşmə texnologiyalarının səmərəliliyini təhlil edir.

Elektrik şəbəkələrindəki itkilər əsasən iki böyük qrupa bölünür: texniki itkilər və kommersiya itkiləri. Texniki itkilər fiziki proseslər nəticəsində yaranır və öz növbəsində yükdan asılı olan (dəyişən) itkilər, sabit (yükdan asılı olmayan) itkilər və iqlim amillərindən yaranan itkilər kimi üç kateqoriyaya ayrılır. Analizlər göstərir ki, xüsusilə 0.4 kV şəbəkədə itkilərin yüksək olmasının əsas səbəbi fazalararası qeyri-simmetriyadır. Simmetrik olmayan yüklənmə neytral naqildən bərabərləşdirici cərəyanın axmasına səbəb olur ki, bu da ümumi itki balansını ciddi şəkildə artırır. Digər tərəfdən, şəbəkələrdəki reaktiv gücün (induktiv xarakterli yüklərin) idarə olunmaması da itkilərin yaranmasında həlledicidir.

Bu problemlərin aradan qaldırılması üçün məqalədə kompleks modernləşmə tədbirləri təklif olunur. Texniki modernləşmə istiqamətində müasir amorf ərintili transformatorlara keçid prioritet təşkil edir. Bu transformatorların boşuna işləmə itkisi ənənəvi transformatorlara nisbətən 60-70% daha azdır. Eyni zamanda, köhnə alüminium naqillərin kompozit nüvəli və ya yüksək temperaturlu müasir naqillərlə əvəz edilməsi, xəttin aktiv müqavimətini və dolayısı ilə itkiləri əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Fiziki avadanlıqların yenilənməsi ilə yanaşı, reaktiv gücün kompensasiyası üçün şəbəkəyə kondensator batareyalarının qoşulması xətlərdə cərəyanı azaldır və gərginlik profilini yaxşılaşdırır.

Bununla belə, ənənəvi idarəetmədən "intellektual" idarəetməyə keçid modernləşmənin ən vacib mərhələsidir. Bu keçidin mərkəzində SCADA sistemləri və Paylayıcı Şəbəkələrin Avtomatlaşdırılması dayanır. SCADA sistemləri real vaxt rejimində gərginliyi tənzimləməyə imkan verir. Məsələn, FLISR sistemi qəza baş verdikdə avtomatik olaraq zədəli hissəni lokallaşdırır və xidmətin bərpa olunmasını təmin etməklə yanaşı, yükü alternativ xətlər arasında elə bölüşdürür ki, itkilər minimum olsun.

Yekun olaraq, tətbiq olunan bu texniki və avtomatlaşdırma tədbirləri yüksək iqtisadi və ekoloji səmərəlilik nümayiş etdirir. Optimallaşdırma layihələrinə çəkilən kapital xərcləri əməliyyat qənaəti hesabına qısa müddətdə geri dönür (məsələn, hesablamalara görə Geri Dönüş Müddəti təxminən 3.18 ildir). Ekoloji baxımdan isə qənaət edilən hər kWh enerji üçün elektrik stansiyalarında yanacaq yandırılmasına ehtiyac qalmır ki, bu da atmosfərə atılan CO2 emissiyalarının kəskin şəkildə azalmasını təmin edir. Beləliklə, şəbəkələrin kompleks modernləşdirilməsi həm dayanıqlı enerji təchizatını, həm də iqtisadi rentabelliği təmin edən ən uğurlu strategiyadır.

Açar sözlər: Texniki itkilər, Elektrik şəbəkələri, SCADA, Smart Grid, Enerji səmərəliliyi, Amorf transformatorlar.

Abstract. *In modern times, the efficient use of energy resources is considered a strategic priority for all countries of the world. Losses occurring in the processes of production and distribution of electric energy sometimes reach 10–15% of the total production, which leads to serious consequences both from an economic and technical point of view. The presented article analyzes the mechanisms of occurrence of technical losses in distribution electric networks, their structure and the effectiveness of modern modernization technologies applied to minimize these losses.*

Losses in electric networks are mainly divided into two large groups: technical losses and commercial losses. Technical losses arise as a result of physical processes and, in turn, are divided into three categories: load-dependent (variable) losses, constant (load-independent) losses and losses caused by climatic factors. Analyses show that the main reason for the high losses, especially in the 0.4 kV network, is interphase asymmetry. Unsymmetrical loading causes the flow of equalizing current through the neutral wire, which significantly increases the total loss balance. On the other hand, the lack of control of reactive power (inductive loads) in the networks is also decisive in the occurrence of losses.

To eliminate these problems, the article proposes complex modernization measures. In the direction of technical modernization, the transition to modern amorphous alloy transformers is a priority. The idle loss of these transformers is 60-70% lower than that of traditional transformers. At the same time, replacing old aluminum wires with modern wires with composite cores or high-temperature ones significantly reduces the active resistance of the line and, consequently, losses. Along with the renewal of physical equipment, the connection of capacitor banks to the network for reactive power compensation reduces the current in the lines and improves the voltage profile.

However, the transition from traditional control to "intellectual" control is the most important stage of modernization. SCADA systems and Distribution Network Automation are at the heart of this transition. SCADA systems allow for real-time voltage regulation. For example, the FLISR system automatically localizes the damaged section in the event of an accident and, while ensuring the restoration of service, distributes the load between alternative lines in such a way that losses are minimized.

In conclusion, these technical and automation measures implemented demonstrate high economic and environmental efficiency. Capital expenditures incurred on optimization projects are returned in a short time due to operational savings (for example, the Payback Period is estimated to be approximately 3.18 years). From an environmental point of view, for every kWh of energy saved, there is no need to burn fuel in power plants, which provides a sharp reduction in CO2 emissions into the atmosphere. Thus, complex modernization of networks is the most successful strategy that ensures both sustainable energy supply and economic profitability.

Keywords: *Technical losses, Electrical networks, SCADA, Smart Grid, Energy efficiency, Amorphous transformers.*

GİRİŞ

Müasir qlobal iqtisadiyyatda və texnoloji inkişaf mərhələsində enerji resurslarından səmərəli istifadə hər bir dövlətin milli təhlükəsizlik və dayanıqlı inkişaf strategiyasının ayrılmaz tərkib hissəsidir. Xüsusilə elektrik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi və paylanması zəncirində baş verən itkilərin minimuma endirilməsi həm ekoloji tarazlığın qorunması, həm də iqtisadi rentabelliyyənin artırılması baxımından xüsusi aktualıq kəsb edir. Azərbaycanın enerji sisteminin mövcud vəziyyəti və gələcək inkişaf perspektivləri fonunda elektrik şəbəkələrində texniki itkilərin struktur analizi və onların modernləşdirilməsi üçün tətbiq olunan texnologiyaların effektivliyinin qiymətləndirilməsi mühüm elmi-praktiki əhəmiyyət daşıyır. Ümumi qəbul edilmiş statistikaya görə, paylayıcı şəbəkələrdə enerji itkiləri bəzən ümumi istehsalın 10–15%-nə qədər yüksələ bilər ki, bu da sistemin ümumi səmərəliliyinə ciddi mənfi təsir göstərir. Bu itkilərin dərinədən öyrənilməsi və azaldılması istiqamətində effektiv strategiyaların işlənməsi üçün ilk növbədə onların fiziki mahiyyətini və strukturunu anlamaq lazımdır. Elektrik şəbəkələrində baş verən itkilər öz xarakterinə görə texniki

və qeyri-texniki (kommersiya) olmaqla iki əsas qrupa bölünür. Texniki itkilər elektrik enerjisinin ötürülməsi və çevrilməsi prosesində avadanlıqların fiziki xassələri ilə bağlı olan və qaçılmaz xarakter daşıyan proseslərdir. Lakin bu itkilərin həcmi şəbəkənin texniki vəziyyətindən, yüklənmə rejimindən və idarəetmə metodlarından birbaşa asılı olaraq dəyişir [1. s. 12-18].

Texniki itkilərin daxili strukturu təhlil edildikdə, onların yükdən asılı olan (dəyişən) və sabit (yükdən asılı olmayan) hissələrdən ibarət olduğu görünür. Dəyişən itkilər əsasən hava və kabel xətlərinin, eləcə də transformator sarğılarının aktiv müqavimətində cərəyanın keçməsi zamanı Coul-Lens qanununa uyğun olaraq istilik şəklində ayrılan enerjidir. Bu itkilər ötürülən cərəyanın kvadratı ilə düz mütənasib olduğundan, şəbəkənin yüklənmə dərəcəsinin artması itkilərin kəskin çoxalmasına səbəb olur. Sabit itkilər isə transformatorların polad nüvələrində maqnitlənmə (histerezis və burulğanlı cərəyanlar) nəticəsində yaranır və gərginlik səviyyəsi sabit qaldığı müddətdə yükün miqdarından asılı olmayaraq mövcud olur. Azərbaycanın mövcud paylayıcı şəbəkələrinin struktur analizi göstərir ki, texniki itkilərin böyük bir hissəsi məhz 6-10 kV-luq orta gərginlikli və 0.4 kV-luq alçaq gərginlikli xətlərdə cəmlənmişdir. Bu sahədə aparılan yerli araşdırmalar sübut edir ki, şəbəkə elementlərinin köhnəlməsi və texniki parametrlərin müasir tələblərə cavab verməməsi itkilərin strukturunda sabit itkilərin payını əhəmiyyətli dərəcədə artırır [2. s. 45-52]. Xüsusilə, 25 ildən artıq istismarda olan transformator parkı və xətt izolyasiyası enerji səmərəliliyinin aşağı düşməsinin əsas səbəblərindən biridir.

Şəbəkənin struktur analizində reaktiv gücün təsiri də mühüm amil kimi çıxış edir. Reaktiv güc axınları xətlərin və transformatorların əlavə yüklənməsinə, gərginlik düşgünlərinin artmasına və nəticədə aktiv güc itkilərinin çoxalmasına gətirib çıxarır. Azərbaycan enerji sistemində istehlakçıların induktiv yük xarakterli olması (mühərriklər, transformatorlar və s.) reaktiv güc balansının tənzimlənməsini zəruri edir. Modernləşmə texnologiyaları çərçivəsində reaktiv gücün kompensasiyası üçün tətbiq edilən kondensator batareyaları və intellektual kompensasiya qurğuları həm şəbəkənin buraxılış qabiliyyətini artırır, həm də gərginlik profilini yaxşılaşdırır. Bu cür texnoloji müdaxilələr şəbəkənin etibarlılığını təmin etməklə yanaşı, illik enerji itkisini orta hesabla 8-10% civarında azaltmağa imkan verir. Müasir elmi yanaşmalar göstərir ki, itkilərin azaldılması yalnız texniki vasitələrlə deyil, həm də şəbəkə rejimlərinin operativ idarə olunması və optimallaşdırılması ilə mümkündür. Enerji sistemlərində avtomatlaşdırma və rəqəmsallaşdırma meylləri, xüsusilə SCADA (Nəzarətçi İdarəetmə və Məlumat Toplama) sistemlərinin və intellektual ölçmə cihazlarının tətbiqi, real vaxt rejimində enerji axınlarını izləməyə və itkilərin lokallaşdırılmasına şərait yaradır [3. s. 22-29].

Beləliklə, texniki itkilərin struktur analizi göstərir ki, enerji səmərəliliyinə nail olmaq üçün kompleks yanaşma tətbiq edilməlidir. Bura həm fiziki avadanlıqların yenilənməsi, həm də intellektual idarəetmə sistemlərinin inteqrasiyası daxildir. Azərbaycanın müasir enerji strategiyasında rəqəmsal transformasiya və "Ağıllı Şəbəkə" (Smart Grid) elementlərinin tətbiqi prioritet istiqamət kimi müəyyən edilmişdir. Bu texnologiyaların tətbiqi nəticəsində şəbəkə konfigurasiyasının dinamik optimallaşdırılması mümkün olur ki, bu da öz növbəsində yükün fiderlər arasında bərabər paylanmasına və ən qısa enerji ötürmə yollarının seçilməsinə xidmət edir. Bu yanaşma, həmçinin bərpa olunan enerji mənbələrinin şəbəkəyə inteqrasiyası zamanı yaranan rejim qeyri-sabitliyini kompensasiya etməyə də kömək edir. Texniki itkilərin analitik tədqiqi və modernləşmənin səmərəlilik göstəriciləri bir-biri ilə sıx bağlıdır; belə ki, hər bir texnoloji yenilik itki strukturunda müvafiq azalma ilə müşayiət olunmalıdır. İlk iki səhifə üçün müəyyən edilmiş bu nəzəri və struktur bazası növbəti mərhələlərdə konkret hesablama metodları və modernləşmə texnologiyalarının tətbiqi nəticəsində əldə olunan iqtisadi səmərənin təhlili ilə davam etdiriləcəkdir.

Müasir elektrik şəbəkələrində texniki itkilərin dəqiq qiymətləndirilməsi üçün tətbiq edilən analitik hesablama metodları, şəbəkənin rejim parametrlərinin düzgün müəyyən edilməsində həlledici rol oynayır. Xüsusilə, deterministik və ehtimal metodlarının kombinasiyası vasitəsilə mürəkkəb konfigurasiyalı paylayıcı şəbəkələrdə enerji axınlarının riyazi modelləşdirilməsi həyata keçirilir. Yerli tədqiqatçıların apardığı təhlillər göstərir ki, Azərbaycanın regional paylayıcı şəbəkələrində itkilərin böyük hissəsi gərginlik səviyyəsinin aşağı olduğu 0.4 kV-luq xətlərdə qeydə

alınır. Bu sahədə mövcud olan əsas problemlərdən biri də fazalararası yüklərin qeyri-bərabər paylanması, yəni asimmetriya hadisəsidir. Asimmetriya nəticəsində neytral naqıldə yaranan cərəyan axınları əlavə güc itkilərinə və avadanlıqların vaxtından əvvəl köhnəlməsinə səbəb olur. Bu neqativ halların aradan qaldırılması üçün avtomatik fazatənzimləyici qurğuların tətbiqi və yükün dinamik balanslaşdırılması texnologiyaları təklif edilir [4. s. 33-41]. Şəbəkələrdə baş verən itkilərin minimallaşdırılması həm də elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin standartlara uyğunluğundan asılıdır. Gərginlik səviyyəsinin nominal qiymətdən kənara çıxması itkilərin qeyri-xətti şəkildə artmasına şərait yaradır ki, bu da həm istehlakçıların məişət avadanlıqlarının sıradan çıxma riskini artırır, həm də ümumi sistemin etibarlılığını zəiflədir.

Modernləşmə strategiyalarının digər mühüm istiqaməti naqillərin və kabellərin texniki parametrlərinin təkmilləşdirilməsidir. Köhnə tipli açıq alüminium naqillərin (məsələn, AS markalı) müasir özünüdaşıyan izolyasiyalı naqillərlə (SİP) əvəz edilməsi həm təhlükəsizlik, həm də texniki səmərəlilik baxımından yüksək nəticələr verir. SİP kabelləri xəttin aktiv müqavimətini sabit saxlamaqla yanaşı, kənar müdaxilələrin və qısaqapanma hallarının qarşısını alır ki, bu da dolayısı ilə texniki itki strukturuna müsbət təsir göstərir. Eyni zamanda, paylayıcı transformatorların seçimi zamanı amorf polad nüvəli transformatorlardan istifadə edilməsi boş işləmə itkilərini, yəni sabit itkiləri 70-80% nisbətində azalda bilər. Azərbaycanın enerji təchizatı sistemində bu cür yüksək səmərəli avadanlıqların genişmiqyaslı tətbiqi həm dövlət büdcəsinə qənaət, həm də şəbəkənin xidmət müddətinin uzadılması deməkdir [5. s. 62-69]. Modernləşmə prosesində xüsusi transformatorların və xətt elementlərinin optimal yerləşdirilməsi də mühüm amildir. Yük mərkəzlərinin düzgün müəyyən edilməsi və qidalandırıcı mənbələrin bu mərkəzlərə yaxınlaşdırılması ötürmə məsafəsini qısaldır və xətt itkilərini kəskin şəkildə aşağı salır.

İqtisadi baxımdan modernləşmə texnologiyalarının səmərəliliyi yalnız fiziki itkilərin azalması ilə deyil, həm də investisiya qoyuluşunun geri dönüş müddəti (ROI) və xalis cari dəyər (NPV) metodları ilə qiymətləndirilir. Tədqiqatlar göstərir ki, "Ağıllı Şəbəkə" elementlərinin, xüsusilə avtomatlaşdırılmış uçot sistemlərinin (smart-sayğacların) tətbiqi şəbəkənin idarəetmə xərclərini minimuma endirir və enerji balansının şəffaflığını təmin edir. Şəbəkələrdə rekonfigurasiya və avtomatlaşdırılmış açarların tətbiqi, o cümlədən FLISR (Fault Location, Isolation, and Service Restoration) funksiyası qəza hallarında xidmətin bərpa müddətini və SAIDI (sistemin orta kəsilmə müddəti indeksi) göstəricisini kəskin şəkildə azaldır. Bu cür texnoloji üstünlüklər şəbəkə operatoruna imkan verir ki, illik qənaət olunan, məsələn, təxminən 110,000 AZN və daha artıq vəsaiti digər strateji əhəmiyyətli infrastruktur layihələrinə, xüsusilə də 0.4 kV şəbəkələrin yenilənməsinə yönəlsin. Enerji səmərəliliyi layihələrinin təhlili zamanı ekoloji faktorlar da nəzərə alınmalıdır; çünki itirilən hər bir kVt-saat enerji əlavə yanacaqın yandırılması və atmosfərə zərərli qazların atılması deməkdir [6. s. 110-118].

Optimallaşdırma layihələrinin adətən 3 ildən az geri dönüş müddəti ilə xarakterizə olunması, onların qısa müddətdə ölkənin enerji təhlükəsizliyinə müsbət töhfə verdiyini sübut edir. Beləliklə, texniki modernləşmə həm iqtisadi, həm də ekoloji tərəqqinin hərəkətverici qüvvəsidir. Növbəti mərhələdə rəqəmsal transformasiyanın daha dərin qatları və müasir proqram təminatlarının itkilərin monitorinqindəki rolu daha geniş şəkildə nəzərdən keçiriləcəkdir. Bu texnologiyalar enerji sisteminin çevikliyi artırmaqla yanaşı, həm də bərpa olunan enerji mənbələrinin şəbəkəyə inteqrasiyası zamanı yaranan texniki çətinliklərin həllinə imkan yaradır. Hazırda tətbiq edilən intellektual idarəetmə sistemləri sayəsində enerji axınlarının optimallaşdırılması prosesi avtomatlaşdırılmış rejimə keçir ki, bu da insan amilindən qaynaqlanan səhvləri və qeyri-dəqiqlikləri minimuma endirir.

Rəqəmsal transformasiya və intellektual texnologiyaların enerji sistemlərinə inteqrasiyası elektrik şəbəkələrində texniki itkilərin monitorinqi və idarə edilməsində yeni bir mərhələ açmışdır. Müasir dövrdə itkilərin təhlili yalnız riyazi modelləşdirmə ilə məhdudlaşmır, eyni zamanda böyük verilənlər (Big Data) və süni intellekt alqoritmləri vasitəsilə həyata keçirilir. Bu yanaşma şəbəkə operatorlarına enerji axınlarını saniyəlik dəqiqliklə izləməyə və qeyri-optimal iş rejimlərini dərhal müəyyən etməyə imkan verir. Xüsusilə, paylayıcı şəbəkələrin rəqəmsal əkizlərinin yaradılması,

müxtəlif ssenarilər üzrə itkilərin proqnozlaşdırılmasına və ən səmərəli rekonfigurasiya variantının seçilməsinə xidmət edir. Azərbaycanın enerji sektorunda rəqəmsallaşma meyllərinin güclənməsi, texniki itkilərin dünya standartları səviyyəsinə (təxminən 5-8%) endirilməsi üçün geniş imkanlar yaradır. Bu prosədə intellektual ölçmə sistemləri mərkəzi rol oynayır; çünki dəqiq uçot olmadan texniki itkiləri kommersiya itkilərindən ayırmaq və hədəfəyönlü tədbirlər görmək mümkün deyil [7. s. 88-95].

Modernləşmə texnologiyalarının effektivliyi həm də bərpa olunan enerji mənbələrinin (BEM) şəbəkəyə qoşulma tərzilə sıx bağlıdır. Günəş və külək elektrik stansiyalarının paylayıcı şəbəkələrə inteqrasiyası enerji axınlarının istiqamətini dəyişdirir və bəzi hallarda yerli gərginlik artımlarına səbəb ola bilər. Lakin düzgün planlaşdırılmış paylanmış istehsal (Distributed Generation) mənbələri yük mərkəzlərinə yaxın yerləşdikdə, magistral xətlərdən keçən güc axınlarını azaldır və nəticədə ümumi texniki itkilərin aşağı düşməsinə səbəb olur. Bu kontekstdə "Smart Inverter" texnologiyaları və aktiv şəbəkə idarəetmə sistemləri gərginliyin tənzimlənməsində və reaktiv güc balansının qorunmasında həlledici rol oynayır. Yerli tədqiqatlar göstərir ki, BEM-in şəbəkəyə inteqrasiyası zamanı tətbiq edilən müasir rele mühafizəsi və avtomatika sistemləri şəbəkənin dayanıqlığını artırmaqla yanaşı, keçid proseslərində yaranan əlavə enerji itkilərini də minimuma endirir [8. s. 124-132].

NƏTİCƏ

Aparılmış elmi-nəzəri təhlillər və struktur analizi göstərir ki, elektrik şəbəkələrində enerji itkilərinin idarə edilməsi müasir dövrün ən aktual texniki-iqtisadi problemlərdən biridir. Elektrik enerjisinin ötürülməsi və paylanması prosesində yaranan texniki itkilər təkcə sistemin səmərəliliyini aşağı salmır, həm də əhəmiyyətli dərəcədə maliyyə və ekoloji zərərlərə səbəb olur. Şəbəkələrdə itkilərin strukturunun dərinədən öyrənilməsi sübut edir ki, xüsusilə köhnəlmiş infrastruktur, qeyri-optimal rejim parametrləri və alçaq gərginlikli 0.4 kV-luq şəbəkələrdəki faza asimetriyası ümumi itki balansının artmasında həlledici rol oynayır. Lakin qeyd edilən problemlərin yalnız ənənəvi vasitələrlə həlli günümüzün artan enerji tələbatı fonunda kifayət etmir. Buna görə də, müasir mərhələdə enerji səmərəliliyini təmin etmək üçün şəbəkələrin tam və kompleks şəkildə modernləşdirilməsi labüddür.

Texniki modernləşmə tədbirləri çərçivəsində amorf polad nüvəli innovativ transformatorların tətbiqi, yüksək keçiriciliyə malik və özünüdaşıyan izolyasiyalı müasir naqillərdən istifadə, habelə reaktiv gücün optimal kompensasiyası texniki itkilərin fiziki limitlərə qədər minimuma endirilməsi üçün möhkəm zəmin yaradır. Bununla yanaşı, tədqiqat nəticəsində aydın olur ki, fiziki avadanlıqların yenilənməsi mütləq şəkildə intellektual idarəetmə sistemləri ilə dəstəklənməlidir. SCADA, rəqəmsal uçot sistemləri və "Ağıllı Şəbəkə" (Smart Grid) elementlərinin mövcud şəbəkəyə inteqrasiyası qəza hallarının qarşısının operativ alınmasını, enerji axınlarının real vaxt rejimində izlənilməsinə və optimal rekonfigurasiya qərarlarının qəbulunu təmin edir. Məhz bu cür rəqəmsal transformasiya və qabaqcıl alqoritmlərin, o cümlədən faza balanslaşdırılmasının dinamik tətbiqi sayəsində paylayıcı şəbəkələrdəki itkiləri qlobal standartlar səviyyəsinə endirmək mümkündür. Bərpa olunan enerji mənbələrinin şəbəkəyə inteqrasiyası prosesində də intellektual monitoring sistemlərinin rolu əvəzsizdir.

Bütün bu sadalanan modernləşmə tədbirlərinin texniki-iqtisadi əsaslandırılması göstərir ki, ilkin kapital qoyuluşlarının yüksək olmasına baxmayaraq, belə layihələr operativ xərclərin azalması hesabına qısa müddət ərzində özünü tam doğruldu. Qənaət olunan hər bir kilovat-saat enerji həm dövlət büdcəsinin maliyyə resurslarına qənaət, həm də stansiyalarda əlavə yanacaqın yandırılmasının, dolayısı ilə atmosferə atılan karbon emissiyalarının qarşısının alınması deməkdir. Yekun olaraq qeyd etmək lazımdır ki, elektrik şəbəkələrində itkilərin azaldılmasına yönəlmiş struktur optimallaşdırması və innovativ modernləşmə siyasəti sadəcə texniki bir zərurət deyil. Bu, eyni zamanda ölkənin enerji təhlükəsizliyinin qorunması, iqtisadi artımın dayanıqlılığının təmin edilməsi və qlobal iqlim hədəflərinə çatmaq istiqamətində atılan ən vacib strateji addımdır. Gələcəkdə bu yanaşmaların davamlı olaraq təkmilləşdirilməsi enerji sisteminin rəqəbatqabiliyyətliyini qoruyub saxlamağa imkan verəcəkdir.

İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Məmmədov H.A. "Müasir elektrik şəbəkələrində texnoloji itkilərin tədqiqi və azaldılması yolları", Bakı, Elm nəşriyyatı, 2019, 145 s.
2. Əliyev R.T. "Paylayıcı elektrik şəbəkələrinin optimallaşdırılması və enerji səmərəliliyi problemləri", Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, Elmi əsərlər toplusu, 2021, s. 40-58.
3. Həsənov T.Q. "Azərbaycanın enerji sistemində texniki itkilərin azaldılması və modernləşmə strategiyaları", Energetikanın Problemləri Jurnalı, №3, Bakı, 2022, s. 18-32.
4. İbrahimov F.S. "Enerji sistemlərində rəqəmsal idarəetmə və itkilərin minimallaşdırılması", Bakı, Texnika nəşriyyatı, 2020, 182 s.
5. Quliyev P.X. "Elektrik təchizatı sistemlərinin etibarlılığı və modernləşmənin iqtisadi səmərəliliyi", Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, Elmi toplu, 2021, s. 60-75.
6. Vəliyev S.N. "Ağıllı şəbəkələrdə enerji axınlarının optimallaşdırılması və texnoloji innovasiyalar", Energetikanın Müasir Problemləri Jurnalı, №2, Bakı, 2023, s. 105-120.
7. Kazımov E.Z. "Elektrik şəbəkələrində intellektual uçot sistemləri və enerji səmərəliliyinin yüksəldilməsi", Bakı, "Təhsil" nəşriyyatı, 2021, 210 s.
8. Zeynalov M.R. "Bərpa olunan enerji mənbələrinin paylayıcı şəbəkələrə inteqrasiyası və texniki itki problemləri", Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Elmi əsərlər, 2022, s. 120-135.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20814799>

SƏYYAR TELEVİZİYA STANSİYASINDA ELEKTRİK AVADANLIQIARIN İŞ PRİNSİPİNİN ARAŞDIRILMASI

SƏMƏDOV AZAD RAUF OĞLU

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin magistrantı

CAVADOVA MİRFATMA MİRBABA QIZI

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

Xülasə. Səyyar Televiziya Stansiyasının (STS) elektrik təchizatı sistemi onun fasiləsiz, etibarlı və təhlükəsiz fəaliyyətinin təmin edilməsi üçün əsas və həlledici rol oynayır. Çünki bu sistem televiziya yayımı üçün istifadə olunan bütün avadanlıqları, kamera, video-audio emal qurğuları, rabitə avadanlıqları, işıqlandırma sistemləri və köməkçi texniki vasitələri və s. əhatə edir və sabit enerji ilə təmin edilməsinə xidmət göstərir.

Bu məqalə xüsusi təyinatlı nəqliyyat vasitələri üzərində qurulan Səyyar Televiziya Stansiyalarının (STS) elektrik sistemini və onun mürəkkəb mühəndislik arxitekturasını tədqiq edir. İşdə yüksək gərginlikli xarici qidalanma mənbələri ilə stansiya daxilindəki həssas rəqəmsal yayım cihazları arasındakı texniki əlaqələr, elektrik dövrələrinin qurulma prinsipləri və sistemin stabil işləməsinin təmin edən qoruyucu mexanizmlər təhlil olunur. Həmçinin məqalədə səyyar televiziya stansiyasının elektrik sisteminin çoxpilləli strukturu və bu sistemi təşkil edən əsas texniki qovşaqların funksional xüsusiyyətləri ardıcıl şəkildə tədqiq edilir.

Bu prinsiplərin hər biri kompleks elektrik sisteminin mühəndislik baxımından qüsursuz və təhlükəsiz fəaliyyətini şərtləndirən fundamental amillərdir. Məqsəd, canlı yayımlar və çəkilişlər zamanı baş verə biləcək nasazlıqların (gərginlik düşməsi, qısaqapanma, tezlik sürüşməsi) yayım avadanlıqlarına mənfi təsirini aradan qaldırmaq üçün edilən texnoloji həlləri müəyyən etməkdir. Elektrik təchizatı sistemi həm gərginliyin sabitliyini qorunmalı, həm də kritik avadanlıqların (kameyalar, serverlər, peyk ötürücüləri) 24/7 rejimində fasiləsiz işini təmin etməlidir. Nəticə etibarilə, bu mühəndislik həlləri STS-in texnoloji resurslarının ömrünü uzadır və bütövlükdə televiziya stansiyasının istismar effektivliyini nəzərəcarpacaq dərəcədə yüksəldir.

Açar sözlər: Səyyar Televiziya Stansiyası (STS), elektrik təchizatı sistemi, fasiləsiz fəaliyyət, televiziya yayımı, yayım avadanlıqları, elektrik dövrələri.

RESEARCH OF THE WORKING PRINCIPLE OF ELECTRICAL EQUIPMENT IN A MOBILE TELEVISION STATION

SƏMƏDOV A. R.

Master's student at Azerbaijan University of Architecture and Construction

Abstract. The electrical power supply system of a Mobile Television Station (MTS) plays a fundamental and decisive role in ensuring its continuous, reliable, and safe operation. This system supplies stable energy to all equipment used in television broadcasting, including cameras, video and audio processing units, communication equipment, lighting systems, and auxiliary technical devices.

This article examines the electrical system of Mobile Television Stations (MTS) installed on special-purpose vehicles and analyzes their complex engineering architecture. The study focuses on the technical interconnections between high-voltage external power sources and the sensitive digital broadcasting equipment inside the station, the principles of electrical circuit design, and the protective mechanisms that ensure stable system operation. In addition, the multi-level structure of the mobile television station's electrical system and the functional characteristics of the main technical units forming this system are examined in a systematic manner.

Each of these principles represents a fundamental factor that ensures the fault-free and safe operation of a complex electrical system from an engineering perspective. The objective of the study is to identify technological solutions designed to eliminate the negative effects of potential failures—such as voltage drops, short circuits, and frequency deviations—on broadcasting equipment during live broadcasts and recording sessions. The power supply system must maintain voltage stability while also ensuring the uninterrupted 24/7 operation of critical equipment, including cameras, servers, and satellite transmitters. As a result, these engineering solutions extend the service life of the MTS's technological resources and significantly improve the overall operational efficiency of the television station.

Keywords: Mobile Television Station (MTS), electrical power supply system, continuous operation, television broadcasting, broadcasting equipment, electrical circuits.

GİRİŞ. Müasir dövrdə informasiya məzmununun təqdimat sürəti televiziya şirkətləri üçün həlledici amilə çevrilir. Xüsusilə müxtəlif kütləvi tədbirlər zamanı hadisə yerindən xəbər istehsalı və yayımı kritik əhəmiyyət kəsb edir.

Səyyar televiziya stansiyası (STS) studiyadan kənarında televiziya proqramlarının çəkilişi və canlı yayımı üçün nəzərdə tutulub, hadisə yerindən çəkiliş, montaj və signal ötürülməsi üçün avadanlıq və mütəxəssisləri vahid mobil kompleksdə birləşdirir. Onun strukturuna videokameralar, mikserlər, video çəkiliş serverləri, montaj və rabitə avadanlıqları, eləcə də rejissor, səs rejissoru və mühəndislər üçün otaqlar daxildir ki, bu da çəkiliş prosesinin mobilliyini təmin edir.



Şəkil 1. Səyyar televiziya stansiyası.

Vəzifə:

- Sürətlə çəkiliş yerinə çatmaq.
- Tam spektrdə işlərin aparılmasını təmin etmək: süljetlərin çəkilişi, müsahibələr, canlı yayımlar.
- Rejissor, səs rejissoru, mühəndis, müxbir və bir neçə operatorun eyni vaxtda işləməsinə imkan yaratmaq.

–Video materialının studiyaya mobil şəbəkələr vasitəsilə 4K və ya daha yüksək keyfiyyətdə ötürülməsi və montajını təmin etmək.

İş şəraiti:

–Bütün fəsilər üzrə iş (qış-yay).

–Vaxt faktoru – maksimum kritik (“çəkiliş yolda”).

–işçi yerlərinin rahat planlaşdırılması, avadanlıq ilə operator heyətinin komfortlu işləməsi.

–Tam avtonom iş imkanı.

Müasir səyyar televiziya stansiyalarının dizaynı və işləmə prinsipləri yalnız enerji təchizatının təminatı ilə məhdudlaşmır, həm də sistemlərin təhlükəsizliyi, avadanlıqların uzunömürlüliyü və yayım keyfiyyətinin qorunması baxımından mühüm rol oynayır. Bu səbəbdən, səyyar televiziya stansiyalarında elektrik avadanlıqlarının iş prinsiplərinin öyrənilməsi həm nəzəri, həm də praktik baxımdan əhəmiyyətlidir.



Şəkil 2. Səyyar televiziya stansiyasının video nəzarət hissəsi.

Bu tədqiqatın məqsədi səyyar televiziya stansiyalarında elektrik avadanlıqlarının iş prinsiplərini araşdırmaq, mövcud problemləri müəyyənəlmək və onların həlli yollarını təklif etməkdir. Araşdırmanın nəticələri mobil yayım stansiyalarında enerji təminatı sistemlərinin optimallaşdırılması və yayım keyfiyyətinin artırılması üçün praktiki tövsiyələr təqdim edəcəkdir.

Təhlil

Müasir televiziya yayımında informasiyanın ötürülmə sürəti və keyfiyyəti rəqabətədavamlılıq üçün əsas şərtədir. Xüsusilə kütləvi tədbirlərin hadisə yerindən canlı yayımı zamanı mobil mühəndislik komplekslərinin (STS) rolu kritik əhəmiyyət kəsb edir. STS-lərin əsas vəzifəsi çəkiliş yerinə sürətlə çatmaq və tam avtonom iş rejimində yüksək keyfiyyətli (4K və daha yuxarı) yayımı təmin etməkdir.

Təhlilə göstərir ki, STS-in elektrik təchizatı sistemi yayım əməliyyatlarının etibarlılığı üçün baza rolunu oynayır. Mühəndislik həllərinin kompleks tətbiqi həm çəkiliş heyətinin komfortlu işini, həm də sistemin texniki potensialının tam reallaşdırılmasını təmin edir. STS sistemi yüksək gərginlikli xarici mənbələrlə stansiya daxilindəki həssas rəqəmsal yayım cihazları arasında texniki əlaqəni tənzimləyən çoxpilləli struktura malikdir.

Canlı yayım zamanı yarana biləcək gərginlik düşməsi, qısaqapanma və tezlik sürüşməsi kimi amillərin avadanlıqlara mənfi təsirini minimuma endirmək üçün xüsusi qoruyucu mexanizmlər tətbiq olunur.

Sistem kritik avadanlıqların (kameralar, serverlər, peyk ötürücüləri) 24/7 rejimində fasiləsiz işini təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. STS-lərdə IP texnologiyalarının və 5G şəbəkələrinin

tətbiqi yayım operativliyini 40% artırır və infrastruktur xərclərini optimallaşdırır. Bu texnoloji həllər həm də stansiyanın texnoloji resurslarının istismar müddətini uzadır. STS-in elektrik təchizatı sistemi yayım əməliyyatlarının etibarlılığı və yüksək keyfiyyəti üçün əsas baza rolunu oynayan əvəzsiz mühəndislik komponentidir.

NƏTİCƏ

Təhlillər göstərir ki, STS-lərdə IP texnologiyalarının və 5G şəbəkələrinin tətbiqi mobil yayımın operativliyini 40%-ə qədər artırır və infrastruktur xərclərini optimallaşdırır. Məqalədə STS-lərin gələcək inkişaf perspektivləri, o cümlədən bulud (cloud) əsaslı istehsalat texnologiyalarının inteqrasiyası barədə elmi proqnozlar verilir.

Səyyar televiziya stansiyalarında baş verə biləcək gərginlik düşməsi, qısaqapanma və tezlik sürüşməsi kimi nasazlıqların yayım avadanlıqlarına mənfi təsirinin qarşısını almaq üçün tətbiq edilən texnoloji həllər, həmçinin kritik avadanlıqların 7/24 rejimində fasiləsiz işini təmin edir. Nəticədə, STS-in elektrik təchizatı sistemi stansiyanın texnoloji resurslarının ömrünü uzadır, yayım keyfiyyətini və istismar effektivliyini artırır. Elektrik dövrlərinin düzgün qurulması və qoruyucu mexanizmlərin tətbiqi sayəsində sistemin stabilliyi qorunur və hər hansı bir qəza və ya nasazlıq zamanı avadanlıqların təhlükəsizliyi təmin edilir. Çoxpilləli struktur və əsas texniki qovşaqların funksional bölgüsü mühəndislik baxımından stansiyanın fasiləsiz fəaliyyətini şərtləndirən əsas amillərdir.

Ümumiyyətlə, səyyar televiziya stansiyasının elektrik təchizatı sistemi yalnız enerji təminatı funksiyasını yerinə yetirmir, həm də bütün yayım əməliyyatlarının etibarlı və təhlükəsiz həyata keçirilməsində mühüm rol oynayır. Bu sistem, mühəndislik həllərinin dəqiq tətbiqi və kompleks yanaşma sayəsində STS-in texniki potensialını maksimum dərəcədə reallaşdırır və televiziya yayımının peşəkar səviyyədə davamlılığını təmin edir. Ümumilikdə, STS-in elektrik təchizatı sistemi televiziya yayımının etibarlılığı və yüksək keyfiyyəti üçün əvəzsiz mühəndislik komponenti olaraq ön plana çıxır və səyyar yayım əməliyyatlarının uğurla həyata keçirilməsində əsas baza rolunu oynayır.

İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Корпоративные Системы ООО Санкт-Петербург, Марата 82 “Передвижная Телевизионная Станция (ПТС)”
2. “ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДВИЖНОЙ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ СТАНЦИИ НА 8 КАМЕР” Студент гр. 11902113 Повшук В. С. Белорусский национальный технический университет
3. МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ Белорусский национальный технический университет Кафедра «Спортивная инженерия» ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ стр 26 -36
4. Tozer, E. P. J. Broadcast Engineer’s Reference Book. Oxford: Focal Press, 2004.
5. Whitaker, J. C. The SBE Broadcast Engineering Handbook. New York: McGraw-Hill, 2010.
6. National Semiconductor. Broadcast Video Owner’s Manual. Santa Clara, CA: National Semiconductor Corporation, 2008.
7. Molloy, T. Radio and Television Engineers’ Reference Book. London: Butterworths Scientific Publications, 1954.
8. Technical Guidelines for Outside Broadcast and Mobile Production Units. Geneva: European Broadcasting Union, EBU Technical Reports.
9. Zverev, A. I. Handbook of Electrical Engineering for Communication Systems. Moscow: Energiya Publishing House, 1987.
10. Gurevich, V. Electric Power Systems for Industrial and Mobile Applications. Boca Raton: CRC Press, 2014.
11. Конспект лекций: Организация и технологии оказания спутниковых и радиорелейных услуг в телевидении и радиовещании. — содержит технические аспекты построения сетей телерадиовещания, которые включают вопросы электропитания и инфраструктуры.
12. История и опыт эксплуатации передвижных телевизионных станций (статьи Л.С. Лейтеса в журнале *Вестник связи* и др.) — исторические и технические материалы по ПТС (передвижным телевизионным станциям); полезно для обзора аспекта развития систем
13. Ковалёв М.А. — Источники бесперебойного питания в радиоэлектронных системах. *Учебное пособие для инженеров-практиков*, Москва: Энергоатомиздат, 2019.
14. Лямин И.Н., Павлов А.Ю. — Защита от перерывов питания и снижение риска отказов оборудования вещания. Журнал «*Цифровое телевидение и радиовещание*», 2023, №2.
15. Харитонов Ю.Б. — Автоматизация электропитания распределённых объектов связи. Тезисы конференции *Современные проблемы связи*, 2022.
16. Hüseynov T. — “Azərbaycanda rabitənin inkişafı / Sovet Azərbaycanında rabitə, radioyayım və televiziyanın inkişafı” — Azərbaycan televiziyasının tarixi və texniki yönləri haqqında klassik işlərdən biridir. Bu mənbə STS-in kontekstinə daxil olan televiziyanın inkişafının texniki təhlilini verir.
17. “Televiziya iki əsrin ayrıcında” (prof. E. Quliyev) və “Televiziya: nəzəriyyə və inkişaf meylləri” — Azərbaycan televiziyasının struktur və inkişafını sistemli şəkildə araşdıran kitablar, texnoloji infrastruktur və yayım sistemi baxımından əsaslı kontekst verir.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20814847>
УДК338

СИСТЕМА СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

НИШОНБОВ АЛИШЕР НИШОНБОВИЧ

старший преподаватель ТГУПБП, город Худжанд, Республика Таджикистан

ТОШМАТОВА ХУСНИЧОН МУМИНОВНА

ассистент ТГУПБП, город Худжанд, Республика Таджикистан

Аннотация. *Стратегический управленческий учет является перспективным и рассматривается как возможное направление развития, способное повысить значимость управленческого учета в системе управления предприятием, одновременно формируя учетно-аналитическую систему, которая отвечает информационным потребностям стратегического управления предприятия для будущего развития.*

Ключевые слова: *управленческий учет, цифровизация, бухгалтерский учет, предприятия, реализации продукции, рыночной информации, контроль, стратегическое планирование.*

Управленческий учет — это внутренняя система сбора, анализа и представления информации (финансовой и нефинансовой) для руководства, которые принимают обоснованные решения, планируют показатели деятельности, контролируют расходы и оптимизируют деятельность компании, в отличие от бухгалтерского учета, который ориентирован на внешних пользователей и требованиям государства. Он гибкий, не имеет строгих стандартов и адаптируется под нужды конкретного бизнеса, помогая оценивать эффективность, выявлять прибыльные и убыточные направления, а также управлять ресурсами.

В целом стратегический управленческий учет может быть охарактеризован как направление управленческого учета, в рамках которого формируется информационное обеспечение принятия стратегических управленческих решений.

В рамках стратегического управленческого учета выполняется тщательный анализ внешней бизнес-среды (конкурентов, поставщиков, потребителей, внешних экономических условий, действий правительства), где организация осуществляет свою деятельность, в ходе которой должны быть учтены стратегическая позиция организации на рынке, дифференциация ее продукции, а также должна быть построена полная цепочка ценностей данной организации.[7,с.535]

Стратегический анализ направлен на определение состояния хозяйственной деятельности (бизнеса) организации в конкретный момент времени. Помимо этого в ходе выполнения стратегического анализа дается оценка ясности и реалистичности ее стратегических целей.

Поскольку стратегия развития, как правило, достаточно тесно связана с внешними условиями, в которых организация осуществляет свою хозяйственную деятельность, то стратегический анализ прежде всего призван исследовать внешние условия как факторы, оказывающие влияние на долгосрочные (стратегические) цели организации, особо не концентрируясь только на так называемых традиционных задачах экономического управленческого анализа.

Второй важный элемент стратегического управленческого учета - стратегическое планирование. В ходе его осуществления разрабатываются планы долгосрочного характера, которые, в свою очередь, предназначены для достижения долгосрочных, т. е. стратегических

целей организации. Стратегическое планирование также известно как корпоративное планирование или долгосрочное планирование

Изучение функционирования систем бухгалтерского учета, а также опыта организации и введения управленческого учета в коммерческих предприятиях Республики Таджикистан подтверждает, что руководители и специалисты предприятий воспринимают управленческий учет скорее как систему учета затрат, калькулированные, первоначальной себестоимости, распределение затрат по центрам финансовой отчетности, центрам затрат, местам возникновения затрат, видам и единицам выпускаемой продукции. Такой точки зрения придерживается и большинство ученых и аналитиков в области управленческого учета. [8,с.200]

В частности, исследователь М.М. Шамсиддинов утверждает, что «методологической основой управленческого учета является измерение и оценка затрат, а в общем случае — процесс определения фактической себестоимости продукции Разработка такого метода для предприятий может базироваться на создании единой системы учета затрат.» По мнению Б.Х. Каримова основой системы управленческого учета затрат является накопление и классификация затрат, распределение затрат по объектам учета (единицы продукции, центры затрат).

На самом деле в управленческом учете роль учета затрат является важнейшей, только трансформировав систему учета затрат на предприятии можно приступить к формированию ключевых показателей эффективности, которые оказали влияние и увеличили прибыль компании. Однако на наш взгляд в рамках системы управленческого учета должна быть включена информация о среде функционирования предприятия, такая как информация о действиях государственных органов, конкурентов, покупателей, поставщиков, качестве продукции. основная цель управленческого учета — нацелить учетные процессы на достижение тактических и стратегических целей развития, Будет разработана эффективность организационной структуры производства, методы стимулирования объемов реализации продукции и другие. Более того, стратегический управленческий учет использует информацию о внутреннем состоянии предприятия с использованием данных других видов учета – статистического, оперативного, финансового, налогового.

Разумеется, такая информация важна для достижения стратегических целей управления предприятием.[6,с.125]

Аналогичным образом система управленческого учета на предприятии должна предоставлять все услуги и всю информацию о его текущей и будущей хозяйственной деятельности.

Достижение этой цели обеспечивается за счет усиления стратегических аспектов управленческого учета, то есть развития стратегического управленческого учета.

Стратегический управленческий учет является перспективным и рассматривается как возможное направление развития, способное повысить значимость управленческого учета в системе управления предприятием, одновременно формируя учетно-аналитическую систему, которая отвечает информационным потребностям стратегического управления предприятия для будущего развития.

Для развития учетно-аналитической системы деятельности предприятия как информационной базы для принятия тактических и стратегических управленческих решений необходимо более широкое включение направлений стратегического управления в развитие финансово-производственной деятельности. Для управления этими бизнес-процессами необходим анализ бизнес-моделей предприятия и гибкие правила.

По мнению ученых, главное отличие анализа бизнес-процессов от традиционного комплексного экономического анализа заключается в том, что анализ бизнес-процессов и внутренний (анализ бизнес-процессов) и внешний (анализ окружающей среды), анализ основанный на оценке множества критериев в соответствии с требованиями различных заинтересованных сторон, своевременно корректировать бизнес-модель и стратегию

предприятия и обеспечивать его устойчивое развитие. Таким образом, анализ бизнес-процессов и внешней среды можно представить как стратегический анализ.

Одним из главных преимуществ стратегического управленческого учета является использование возможностей стратегического анализа, который заключается в применении широкого спектра инструментов, обеспечивающих разработку и реализацию эффективной стратегии развития предприятия, обеспечивает планирование, учет и контроль бизнес-процессов с целью создания оптимальной бизнес-модели для стратегического развития.

Для достижения стратегических целей предприятие разрабатывает долгосрочные планы развития, реализация которых невозможна без участия стратегического управленческого учета.

Основная роль стратегического управленческого учета в этой области заключается в определении путей достижения стратегических целей и анализе тенденций реализации этих планов.[3,с.34]

При этом решения, принимаемые в контексте стратегического планирования на будущие периоды, должны пересматриваться в соответствии с информацией, полученной из системы стратегического управленческого учета.

Поэтому для выполнения задач стратегического управленческого учета необходимо иметь информационную систему, использующую инструменты цифровизации, ускоряющие процессы обработки и обобщения информации.

Стратегический управленческий учет позволяет вывести управленческий учет за пределы внутренней среды предприятия и включить в сферу его объектов внешней бизнес-среды.

Поэтому в контексте использования современных цифровых инструментов его можно рассматривать как комплексное направление управленческого учета, включающее в себя совокупность технологий сбора, регистрации, обобщения и представления информации в целях обеспечения, процесса принятия стратегических управленческих решений, который сочетает в себе учет и анализ как внутренних факторов развития предприятия, так и внешней бизнес-среды.[5,с.80]

При этом в условиях цифровизации, наряду со стратегическим анализом бизнес-процессов и операционной среды, в содержании стратегического управленческого учета появляются следующие ключевые элементы: стратегическое планирование, бюджетирование, контроль, оценка и мотивация (рис.1.1).

В условиях цифровизации для стратегического управленческого учета как средства информационной поддержки принятия стратегических решений по развитию предприятия актуален вопрос количественного учета изменений относительной конкурентной позиции предприятия, в сравнении с этим особое значение имеют участники рынка. Кроме того необходимо собрать углубленную информацию о конкурентной позиции предприятия, на основе которой оценить потенциал увеличения доли рынка, а также провести сравнительный анализ уровня его затрат с аналогичными затратами предприятий-конкурентов.[2,с.50]

Освещены основные вопросы стратегического управленческого учета в условиях цифровизации, используемые при этом подходы включают не только сбор информации, но и составление на ее основе рейтинга основных конкурентов по их стратегическому положению на рынке. Он прогнозирует сильные и слабые стороны бизнеса конкурентов, а также их основные конкурентные преимущества. Экспертные методы, основанные на использовании широкого спектра рыночной информации и дающие точные результаты за счет применения современных цифровых инструментов, предоставляют более широкие возможности для решения этой задачи.



Рис.1.1.

Благодаря использованию современных инструментов цифровизации, прежде всего программного обеспечения на базе встроенных систем и методического инструментария управленческого учета в условиях цифровизации, стратегический управленческий учет может достичь значительных успехов в выполнении своих задач и решении своих основных проблем.

Без использования современных цифровых инструментов стратегический управленческий учет не может обеспечить требования по своевременности и срочности, полноте и точности информации, необходимой для принятия стратегических управленческих решений, а также своевременного реагирования на изменяющиеся условия деятельности.[1,с.90]

При этом важно четко понимать, что использование современных инструментов цифровизации и информационных технологий не должно усложнять действующие на предприятии бизнес-процессы, приводить к возникновению недопонимания и снижению ответственности сотрудников.

Заключение

Следует отметить, что если на предприятии внедрена автоматизированная система общего учета, в значительной степени соответствующая условиям финансового учета, то серьезных проблем в процессе ее разработки и внедрения не возникнет, так программное обеспечение, предназначенное для автоматизации финансового учета, является относительно общим и не зависит от специфики деятельности конкретного предприятия.

Однако, поскольку управленческий учет, так и стратегический управленческий учет, как их основной элемент, зависят от особенностей отрасли и технологии производства продукции, в этом случае выбор команды разработчиков программного обеспечения для автоматизации стратегического учета на конкретном предприятии представляет собой весьма сложную задачу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бозров, В.Р. Актуальные вопросы развития бухгалтерского и управленческого учетов в современной экономике [Текст] / В.Р.Бозров // Актуальные вопросы совершенствования государственного (муниципального) финансового контроля, внутреннего финансового контроля и внутреннего финансового аудита. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. –Екатеринбург, 2020. –С.95-101
2. Баличо, И.Л. Цифровизация управления и экономики – задача общегосударственная [Текст] / И.Л.Баличо // Государство и право. – 2018. №2.-С.59-69
3. Богатая, И.Н., Евстафьева, Е.М.Влияние цифровизации экономики на развитие учетно-аналитического обеспечения управления коммерческой организацией [Текст] / И.Н.Богатая, Е.М.Евстафьева // Учет и статистика. – 2019. -№3 (55). –С.34-42
4. Дадоматов Д.Н., Қўзибоева Б.М., Нишонбоев А.Н., Баҳисобгирии идоракунии муҳосибӣ. Комплекси таълимию методӣ. Хучанд. “Ношир”, 2021.-300саҳ.
5. Зарипов Э.Ш.Баҳисобгирии бухгалтерии идоравӣ.Дастури таълимӣ.Душанбе.236саҳ. “Комрон+П”, 2012
6. Каримов Б.Ҳ. Баҳисобгирии муҳосибӣ. Китоби дарсӣ [Матн] / Б.Ҳ.Каримов, М.Б.Каримиён, М.Б.Каримиён. – Душанбе: Ирфон, 2021.- 440с., с.19
7. Ушанов И.Г.Стратегический управленческий учет как информационная основа бизнес-анализа [Текст] И.Г.Ушанов// Балтийский гуманитарный журнал. -2014.-№2.-С.85-88, с.85
8. Шамсиддинов М.М., Шобеков М.Ш. Мукамалгардони баҳисобгирии идоракуни дар саноати кӯҳкорию Чумхурии Тоҷикистон дар асоси баҳисобгирии сегментӣ [Матн] / М.М.Шамсиддинов, М.Ш.Шобеков // Паёми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. – 2020. - №3 (42). – С.149-156, с.149
9. Ковалев В.В. Введение в финансовый менеджмент. - М.: Финансы и статистика, 2000. - 768 с.: ил.
10. Николаева О.Е., Алексеева О.В. Стратегический управленческий учет. - М.: Едиториал УРСС, 2003. - 304 с.
11. Книги по этой тематике в разделах: Аудит, анализ, и управленческий учет, Экономика и финансы

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20814892>

OPTIMIZATION OF THE HYDROCARBON PRODUCTION PROCESS FROM NATURAL GAS

JABBAROVA LALA YUSIF

Institute of Physics, Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan, Baku

CABRAYILOVA ILHANA ELNAR

master Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

Abstract. At present, the principal method for producing synthetic motor fuels from natural gas is the Gas-to-Liquids (GTL) technology. In its hydrocarbon-based form, the modern GTL process is a two- or three-stage technology that relies on catalytic reactions. In the first stage, the relatively inert paraffinic hydrocarbons that constitute the major portion of natural and associated petroleum gases are converted into a more reactive mixture of carbon monoxide and hydrogen, commonly referred to as synthesis gas (syngas). This conversion is primarily achieved through steam reforming or autothermal reforming, while partial oxidation is employed less frequently.

These technologies are well established and are widely employed in industry for the production of ammonia, methanol, oxo alcohols, and other chemical products. The first stage of the GTL process is the most capital-intensive; therefore, any improvements in this area can significantly enhance the overall economic efficiency of the process. The second stage, namely the synthesis of hydrocarbons from carbon monoxide and hydrogen (the Fischer–Tropsch synthesis), represents the core stage of the GTL process, as it determines both the yield and composition of the resulting hydrocarbons, as well as the necessity and method of subsequent product upgrading and refining. The economics of this stage largely depend on the ability of the catalyst to promote the reaction while minimizing the formation of gaseous hydrocarbons, which constitute the principal by-products of the process. In the third stage, the hydrocarbon products are upgraded to commercial-quality fuels through hydrocracking or hydroisomerization. At this stage, excessive gas formation also adversely affects process economics and overall efficiency. It should be noted that the development and operation of natural gas fields are generally less technologically complex than those of oil fields. However, the costs associated with the transportation and storage of natural gas are significantly higher than those for liquid hydrocarbons. The development of natural gas processing technologies worldwide is directly influenced by the distance between the gas field and the end consumer, and consequently by transportation costs. Natural gas is transported either in compressed form through pipelines or in liquefied form using specialized tankers. Another viable approach is the chemical conversion of natural gas at the production site into liquid hydrocarbons, followed by transportation of these petroleum products using conventional methods, such as rail or marine transport. In a number of cases, this latter approach proves to be the most economically efficient method for transporting natural gas. Environmental concerns have stimulated considerable interest among petroleum companies in the processing of carbon-containing gases. Unfortunately, current oil production practices in our country generally do not provide for the efficient utilization of associated petroleum gas. In the most favorable cases, associated gas is recovered as relatively inexpensive but difficult-to-transport liquefied petroleum gas (LPG) or reinjected into the reservoir to enhance oil recovery. However, it is often simply flared. Consequently, the development of modern methods for the utilization of associated petroleum gas has become a particularly important challenge in the creation of environmentally safe and waste-free oil production technologies. One approach to addressing this problem is the liquefaction of associated petroleum gas and the transportation of the liquefied gas to major consumers, such as gas and energy suppliers in Japan [1].

This strategy is most effective in regions with substantial reserves of onshore natural gas. Another method for the utilization of associated gas involves the production of synthetic crude oil

using Gas-to-Liquids (GTL) technology, followed by its transportation and processing together with conventional crude oil. It should be noted that interest in the Fischer–Tropsch synthesis and other alternative methods for the production of hydrocarbon products is largely influenced by conditions in global oil markets [2].

Thus, during the 1960s, the rapid development of the petroleum refining and petrochemical industries led to a significant decline in research activities related to the Fischer–Tropsch synthesis. At present, political instability in a number of OPEC member countries, including Venezuela, Iraq, and Nigeria, has contributed to sharp increases in global oil prices and has stimulated renewed interest in the development of technologies for the production of synthetic petroleum products. At the same time, the development of gas chemistry (the chemical conversion of natural gas), as well as the implementation of gas-to-chemicals processes aimed at producing valuable carbon-containing compounds, is constrained by several factors. Natural gas production sites are often located far from industrial centers, and its transportation requires substantial capital investment and energy consumption. Advanced chemical processing of natural gas near production sites is also difficult to implement, as it demands significant investment, highly qualified personnel, and appropriate infrastructure. In general, the practical realization of gas-to-chemicals technologies is associated with high capital costs [3].

To date, there are only three industrial plants worldwide producing synthetic fuels via Gas-to-Liquids (GTL) technology: the Shell plant in Malaysia with a capacity of 1.2 million tonnes per year, the Mossgas plant in South Africa with a capacity of 1.1 million tonnes per year, and the Oryx plant operated by Qatar Petroleum and Sasol in Qatar with a capacity of 1.5 million tonnes per year. At present, there is a growing trend toward the practical implementation of GTL processes. Pilot and semi-industrial facilities for the production of synthetic hydrocarbons using this method are also operating in South Africa, the United States, Norway, Italy, and the United Kingdom. Almost all leading global oil companies (Shell, BP Amoco, ExxonMobil, Conoco, and others) are involved, to varying degrees, in the development of their own GTL projects. The interest of oil companies in this process is driven by the need to expand the feedstock base, as well as by the opportunity for corporate growth through investments in new projects for the production of middle distillates from low-cost natural gas in remote fields located in countries such as Malaysia, Qatar, Nigeria, and others. It was projected that by 2010, the total capacity of GTL plants would exceed 20 million tonnes per year [4,5].

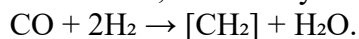
The primary modern method for producing synthesis gas and hydrogen is the oxidative conversion of methane. Three main approaches to this process are known:

- (a) Steam reforming: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3\text{H}_2$, $\Delta H = +226 \text{ kJ/mol}$;
- (b) Dry (CO₂) reforming: $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + 2\text{H}_2$, $\Delta H = +264 \text{ kJ/mol}$;
- (c) Partial oxidation: $\text{CH}_4 + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + 2\text{H}_2$, $\Delta H = 44 \text{ kJ/mol}$.

Combinations of these reactions are also used, for example steam–CO₂ reforming of methane. For industrial implementation, the strongly endothermic reactions (a) and (b) require an external heat supply. In contrast, reaction (c) is exothermic. The integration of endothermic methane reforming processes with exothermic partial oxidation enables the production of synthesis gas with little or no external heat input (autothermal reforming, ATR). Current improvements in natural gas conversion processes are mainly focused on reducing capital investment and increasing the scale of individual process units. The following technologies are considered the most promising in this regard:

1. **Next-generation ATR** (autothermal reforming): reduction of the steam-to-carbon ratio from the current value of 0.6 to 0.2–0.3 without causing degradation of the reactor metal.
2. **Heat-exchange reforming**: a combined process in which the heat generated during ATR is utilized to drive the steam reforming reaction.
3. **Membrane-assisted reforming**: a process based on the use of dense ceramic membranes that enable ionic oxygen transport from air into the reaction zone.

The main stage of the GTL process is the synthesis of hydrocarbons from synthesis gas. This stage determines both the quality and quantity of the target products. The catalyst and process configuration of this stage form the core of the entire GTL technology and represent the primary subject of licensing. The Fischer–Tropsch synthesis can be considered as an oligomerization of carbon monoxide, which may be expressed in simplified form as:



This is an exothermic reaction occurring in the presence of catalysts. The Fischer–Tropsch synthesis begins with the simultaneous chemisorption of CO and H₂ on metal active sites. Cobalt and iron are mainly used as catalysts for this synthesis. The optimal synthesis temperature for cobalt catalysts is 170–270 °C (low-temperature Fischer–Tropsch synthesis), whereas for iron catalysts it is 250–325 °C (high-temperature Fischer–Tropsch synthesis). Cobalt catalysts typically operate at pressures of up to 130 atm, while iron catalysts operate at 20–30 atm. Improvements in natural gas conversion processes currently focus on reducing investment costs and employing larger-capacity single-train units. A characteristic feature of the Fischer–Tropsch synthesis is the sharp change in selectivity with increasing temperature. An increase in temperature may lead to catalyst self-heating and a complete loss of its ability to produce liquid and solid hydrocarbon products.

Therefore, effective heat removal is a critical requirement in the implementation of this process.

The products of the classical Fischer–Tropsch synthesis consist mainly of linear paraffinic hydrocarbons. Small amounts of isoparaffins, olefins, aliphatic alcohols, aldehydes, and acids are also formed. The relative yield of these products varies significantly and strongly depends on the catalyst and operating conditions of the synthesis. The Fischer–Tropsch synthesis products are formed according to the following principles [6]:

1. Thermodynamically, the formation of hydrocarbons of any molecular mass, structure, and type from CO and H₂ is possible, except for acetylene.
2. The probability of hydrocarbon formation decreases in the following order: methane > other alkanes > alkenes.
3. The probability of formation of normal alkanes decreases, while the probability of formation of normal alkenes increases with increasing chain length.
4. An increase in total system pressure promotes the formation of heavier products, whereas an increase in the partial pressure of hydrogen in the synthesis gas favors the formation of alkanes.

Since the synthesis of hydrocarbons from CO and H₂ is a polymerization-type process, the resulting products form a distribution of aliphatic hydrocarbons ranging from methane up to compounds containing 100 or more carbon atoms. The molecular weight distribution of these products is described by the Schulz–Flory equation [7]:

$$g_n = (1-\alpha)^2 \cdot n \cdot \alpha^{n-1}, \text{ где } g_n \text{ — mass fraction of hydrocarbons with } n \text{ number of carbon atoms.}$$

In this equation, the parameter α (Schulz–Flory alpha) represents the ratio of chain propagation to chain termination rates. The Schulz–Flory α is an important indicator of catalyst performance, as it characterizes its ability to promote the polymerization reaction. The Schulz–Flory equation imposes certain limitations on the selectivity of the most valuable Fischer–Tropsch synthesis products, namely liquid hydrocarbons: the yield of the gasoline fraction (C₅–C₁₁) and the diesel fraction (C₁₂–C₁₈) cannot exceed 48 wt.% and 30 wt.%, respectively. At the same time, solid hydrocarbon products characterized by a Schulz–Flory α value exceeding 0.9 are formed without significant limitations. This feature of the product distribution in the Fischer–Tropsch synthesis imposes a specific influence on the process design and technological configuration. In order to obtain a higher yield of liquid hydrocarbons, the synthesis is carried out in two stages (the “two-stage Fischer–Tropsch synthesis”). First, hydrocarbon mixtures rich in heavy products are produced from CO and H₂. These products are then subjected to hydrocracking to obtain middle distillates, i.e., commercial fuels such as diesel fuel and jet kerosene. At present, cobalt-based systems are considered the most promising Fischer–Tropsch synthesis catalysts, enabling the production of liquid and solid paraffinic hydrocarbons from CO and H₂ with selectivity of up to 90%. It is well

established that the activity and selectivity of cobalt Fischer–Tropsch catalysts are influenced by a wide range of factors, such as the nature of the support and promoters, the preparation method, reduction conditions, and others [8].

For the preparation of cobalt Fischer–Tropsch synthesis catalysts, impregnation is the most commonly used method. Catalysts prepared by this technique are characterized by the fact that the specific surface area of the reduced catalyst is close to that of the support, which essentially acts as a matrix controlling the formation of cobalt crystallites of a certain size. The highest yield of liquid products is achieved when the cobalt crystallite size is approximately 50–100 Å [9].

Cobalt catalysts exhibit activity in the Fischer–Tropsch synthesis only when metallic cobalt is present. Since these catalysts are typically prepared from cobalt salts, they require prior reduction at 350–500 °C (the reduction temperature depends on the catalyst composition and is an optimized process parameter).

The polymerization properties of cobalt catalysts can be significantly influenced by promoters. Oxide promoters (such as ZrO₂, TiO₂, MnO₂, and others) improve process selectivity by increasing the yield of liquid hydrocarbons [10].

Metallic promoters, typically noble metals of Group VIII, can also be used to enhance catalyst activity [11].

Their characteristic feature is ease of reduction and the ability to adsorb hydrogen in atomic form, which facilitates the reduction of cobalt species. As a result, both CO conversion and the yield of liquid hydrocarbons increase. When a metallic promoter is introduced, as in the case of oxide promoters, its concentration in the catalyst must be optimized. It should be noted that the preparation of an active catalyst for hydrocarbon synthesis from CO and H₂ imposes stringent requirements on the quality of the materials used. For example, changing the supplier of the support may lead to a noticeable decrease or even a complete loss of catalytic activity. This may be caused by changes in the phase composition of the support, the presence of catalyst poisons (such as sulfur), as well as other compounds capable of forming new phases with cobalt or promoters. GTL projects are typically aimed at supplying petrochemical products to various markets (12–18).

These markets can be divided into fuel, petrochemical, and specialty product segments. The crude oil market is the largest, most accessible, and virtually unlimited market for GTL products. Synthetic crude oil can be sold on global markets at a price approximately 30% higher than Brent crude due to the absence of sulfur, nitrogen compounds, benzene, and other harmful impurities. In the context of Russia, achieving such a price advantage is possible when synthetic crude is transported from a GTL plant to export consumers using railway tank cars or marine tankers. However, in most cases, the primary method of crude oil transportation to the market is the main pipeline system, where synthetic crude oil will inevitably be blended with conventional (“mineral”) crude oil, leading to a loss of quality differentiation. Nevertheless, the production of synthetic crude oil and its sale even at standard market prices remains economically justified in cases where the feedstock consists of low-cost associated petroleum gas, low-pressure gas, or gas from fields with reserves of less than 200 billion m³. The diesel fuel market is the most important segment for synthetic liquid fuel (SLF) end-use products. Synthetic diesel fuel surpasses petroleum-derived diesel fuel (meeting the EN590 standard) in key performance indicators: the cetane number exceeds 75 compared to 55 for conventional diesel; the content of polyaromatic hydrocarbons is 0.1% compared to 6%; sulfur content is 0 ppm compared to 50 ppm; and density is 767 kg/m³ compared to 835 kg/m³. Significant opportunities for these products exist in developed markets, where environmental issues associated with vehicular emissions represent a serious concern. In this context, cleaner GTL diesel fuel can be blended with conventional diesel fuel in order to improve the quality characteristics of the latter. A market for such “environmental additives” already exists. At present, pure GTL diesel fuel is used in specially adapted engines in Germany, Austria, and Sweden. In France, Italy, and other countries, blends of GTL and conventional diesel fuel are used. The diesel fuel market is considered the fastest-growing and most promising global petroleum product market. A projected annual growth rate of approximately 3% in diesel fuel consumption is

expected. However, even with 50% implementation of new GTL capacity projects, the contribution of synthetic diesel fuel to the total market volume would account for only about 2.3%. For this reason, the development of even very large-scale GTL capacities is not expected to cause oversupply in the market. The energy strategy of the Russian Federation envisions a future transition toward the export of high-quality diesel fuels.

The solution to this problem can be largely achieved through the development of the GTL industry at Russian gas fields. The second most important GTL product is naphtha, which is analogous to natural gas liquids (NGLs). In conventional practice, NGLs are obtained during the processing of associated petroleum gas at gas processing plants. NGLs are a highly valuable feedstock for the petrochemical industry. GTL-derived naphtha is an ideal raw material for the production of ethylene and propylene. Other GTL products, such as lubricating oils and paraffins, despite their high quality characteristics, have limited markets. Therefore, the introduction of new GTL capacities may lead to oversupply in these product segments. The synthetic liquid fuels (SLF) market is a rapidly growing sector. The main factors driving this market include the urgent need to monetize large reserves of natural gas, associated petroleum gas, and coal-bed methane that are difficult to utilize by other means such as pipeline transport or conversion into heat and electricity. This trend is reinforced by the continuously increasing global demand for liquid hydrocarbons, as well as increasingly stringent environmental regulations regarding the quality and emission characteristics of hydrocarbon fuels.

LIST OF LITERATURE

1. J.F. Freide, T. Gamlin, M. Ashley// Hydrocarbon Processing. February 2003. P. 5258
2. Braginsky, O.B., Shlikhter, E.B., Kessel, I.B., Serebrovsky, A.L. Catalysis in Industry, 2004, n. 4, p. 3.
3. Rozovsky, A.Ya. Kinetics and Catalysis, 1999, vol. 40, n. 3, p. 358.
4. Braginsky, O.B., Shlikhter, E.B. World Oil Refining: An Environmental Dimension. Moscow: Academia, 2002, p. 219. 5. J. Stell Oil and Gas, 2003, vol. 101, no. 16, p. 66.
5. G. Henrici-Olivé, S. Olivet. Chemistry of Catalytic Hydrogenation SO. Moscow: Mir, 1987.
6. R.B. Anderson, R.A. Friedel, H.H. Storch// J. Chem. Phys. 1951. V. 19. P. 313.
7. Lapidus A.L. // Izv. Academy of Sciences of the USSR. Ser. chem. 1991. P. 2681.
8. Hoang Chong Iem, Krylova A.Yu., Lapidus A.L. // Neftekhimiya, 1983. T. 23. No. 6. P. 779.
9. Lapidus A.L., Krylova A.Yu., Sadekhuddin S.M., Ghazaryan A.G., Hoang Chong Iem // Petrochemistry, 1985. T. 25. N. 4. P. 498.
10. Lapidus A.L., Krylova A.Yu., Tonkonogov B.P., D.O.Ch. Izzuka, M.P. Kapoor // HTT. 1995. N. 3. P. 90.
11. Stolypin V. I., Shakhov A. D., Volchenko A. G., Khabibullin R. R. Improving the adsorption process of drying and purification of natural gas // Gas industry. 2007 N. 1 C 76-80
12. Patent 2147916 RFMKI 7F25J3/02 Method for separating components of natural gas /Nikolaev V.V., Gafarov I.A., Lomovskikh V.D., Molchanova Z.V. Gerasimenko M.N., Vshivtsev A.I., Stolypin V.N. and others B.I. 2000, B I ,N. 12
13. RF Certificate No. 20785 for utility model MKI with F25J3/02 Installation for fractionation of gaseous and liquid hydrocarbon streams /Nikolaev V.V., Gafarov N.A., Lomovskikh V.D., Molchanova Z.V., Klimov V.D., Stolypin V.I. and others B.I. 2001 N. 33
14. Russian Federation Certificate No. 26965 for Utility Model IPC 7B01D53/02 Installation for Adsorption Drying, Purification, and Low-Temperature Separation of Natural Gas / Gafarov N. A., Stolypin V. I., Molchanova Z. V. et al. BI 2003.№ 1
15. Russian Federation Patent No. 32583 for Utility Model IPC7 c 7F25J3/00 Installation for Low-Temperature Separation of Hydrocarbon Gas / Gafarov N. A., Stolypin V. I., Molchanova Z. V. et al. BI ,2003.№ 26
16. Russian Federation Patent No. 44801 for Utility Model IPC7 c 7F25J3/00 Installation for Low-Temperature Separation of Hydrocarbon Gas / Ivanov S. I., Mikhailenko S. A., Stol'shin V. I., et al.
17. Udut V.N, Stolypin V N, Polotznyuk V J-V et al Russian Cryogenic com pexes for production of liquid helium and the prospects of helium industry development in Russia //JCEC 21,JCMC-06 Cryogemes. 2006,Praha.P 240.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20814996>
УДК 004.946

VR ҚҰРАЛДАРЫМЕН ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУДЫҢ ОҚУ ҮДЕРІСІНЕ ӘСЕРІ

АЛДАБЕРГЕНҚЫЗЫ ӘМИНА

Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Математика, Физика және
Информатика кафедрасының магистранты

Ғылыми жетекші – ХАМЗИНА Б.Е.

Көкшетау, Қазақстан

Аннотация: Мақалада виртуалды шынайылық (VR) және толықтырылған шынайылық (AR) технологияларын білім беру үдерісінде визуализация құралы ретінде қолданудың мүмкіндіктері мен ерекшеліктері қарастырылады. Визуализацияның оқу материалын меңгерудегі рөлі талданып, VR және AR технологияларының күрделі ұғымдар мен үдерістерді көрнекі түрде түсіндірудегі тиімділігі сипатталған. Сонымен қатар, аталған технологиялардың білім алушылардың оқу мотивациясына, танымдық белсенділігіне, қызығушылығына және оқу жетістіктеріне әсері ғылыми зерттеулер негізінде қарастырылған. Мақалада виртуалды және толықтырылған шынайылық технологияларын шет тілдерін оқытуда, STEM бағытындағы пәндерді меңгертуде және күрделі нысандарды визуализациялауда қолдану тәжірибелері талданған. Зерттеу нәтижелерін шолу негізінде VR және AR технологияларының оқу үдерісінің тиімділігін арттыруға, білім алушылардың оқу тәжірибесін байытуға және заманауи цифрлық білім беру ортасын қалыптастыруға ықпал ететіні анықталды.

Кілт сөздер: виртуалды шынайылық, VR технологиялары, толықтырылған шынайылық, визуализация, білім беру, оқу үдерісі, цифрлық технологиялар.

Цифрлық технологиялардың қарқынды дамуы білім беру жүйесіне жаңа мүмкіндіктер енгізуде. Соңғы жылдары виртуалды шынайылық (Virtual Reality - VR) және толықтырылған шынайылық (Augmented Reality - AR) технологиялары оқыту құралдары ретінде кеңінен қолданыла бастады. Бұл екі технология цифрлық контентпен өзара әрекеттесудің жаңа тәсілдерін ұсынатын болашағы зор екі технологияға айналды [1], [2], [3]. VR – бұл адамды толығымен шынайы әлемнен оқшаулап, компьютер арқылы жасалған интерактивті үшөлшемді цифрлық кеңістікке енгізетін технология. Виртуалды шынайылық технологиялары білім беру саласында кеңінен қолданылып келеді. Осыған байланысты "виртуалды білім беру" ұғымы қалыптасып, оқыту үдерісінде жаңа мүмкіндіктердің пайда болуына ықпал етті. Бұл – адамның еніп, өзара әрекеттесе алатын жасанды интерактивті орта. VR-білім берудің басты артықшылықтарының бірі – шынайы өмірде болып жатқан үдерістерді тереңірек әрі жақсырақ түсінуге мүмкіндік беруі [4]. Ал AR – виртуалды нысандармен толықтырылған шынайы материалдық әлем. Толықтырылған шынайылық технологиялары смартфон немесе планшет камерасы арқылы нақты ортадағы объектілерді нақты уақыт режимінде анықтап, олардың үстіне виртуалды нысандар мен цифрлық ақпаратты орналастыруға мүмкіндік береді. Бұл білім алушыларға нақты және виртуалды әлем элементтерін бір мезгілде қабылдауға жағдай жасап, айналасында болып жатқан жағдайларды тереңірек түсінуіне, ақпаратты тиімді қабылдауына және білімін арттыруға көмектеседі.

Визуализация – ақпаратты меңгерудің тиімді құралы болып табылады, себебі адам миы көрнекі ақпаратты мәтіндік мәліметтерге қарағанда жылдам әрі сапалы өңдейді. Осыған байланысты VR технологиялары нақты ортада бақылау қиын немесе мүмкін емес құбылыстарды визуалды түрде көрсету арқылы білім алушылардың оқу материалын тереңірек түсінуіне жағдай жасайды. Сонымен қатар, виртуалды шындық адамның сезім

мүшелеріне әсер етіп, ақпараттың тиімді қабылдануы мен есте сақталуына ықпал етеді [4]. Нәтижесінде, VR технологиялары білім беру үдерісінде күрделі құрылымдар мен үдерістерді көрнекі түрде түсіндірудің тиімді құралы ретінде қарастырылады.

Қазіргі таңда виртуалды шынайылық және толықтырылған шынайылық технологиялары білім беру саласында кеңінен қолданылуда. Әсіресе информатика, физика, биология және математика сияқты пәндерде абстрактілі ұғымдарды түсіндіру кезінде көрнекіліктің маңызы жоғары. Бұл технологиялар оқу материалын көрнекі түрде ұсынуға және білім алушылардың қызығушылығын арттыруға ықпал етеді. Сонымен қатар, күрделі теориялық ұғымдарды визуалды модельдеу арқылы білім алушылардың танымдық белсенділігін ынталандырып, оларға интерактивті ортада тәжірибелік дағдыларды қауіпсіз қалыптастыруға мүмкіндік береді. VR технологиясы білім алушыларды виртуалды ортаға енгізу арқылы тәжірибелік дағдыларды қалыптастыруға жағдай жасаса, AR технологиясы нақты ортаға цифрлық нысандарды енгізу арқылы оқу үдерісінің тиімділігін арттырады. AR технологиясы арқылы білім алушылар белгілі бір орынға қатысты әртүрлі дереккөздерден жинақталған ақпаратқа жедел қол жеткізу мүмкіндігіне ие болады. Бұл өз кезегінде оқу үдерісінің қолжетімділігін арттырып, білімді нақты орта жағдайында меңгеруге мүмкіндік береді.

Виртуалды шынайылық технологиясы дәстүрлі оқу материалдары мен мобильді қосымшаларға қарағанда білім алушыларға тереңірек оқу тәжірибесін ұсынуға мүмкіндік береді. VR құрылғыларын пайдалану кезінде білім алушы сыртқы әлемнен оқшауланып, компьютер арқылы жасалған визуалды бейнелерді, дыбыстарды және кей жағдайда тактильді кері байланысты қабылдайды. Сонымен қатар, VR технологиялары білім алушылардың қателік жасаудан немесе бағаланудан қорықпай, білім алуға мүмкіндік беретін қауіпсіз әрі қолайлы оқу ортасын жасауға мүмкіндік береді [5].

Бірқатар зерттеушілер виртуалды шынайылық технологияларын тіл үйрету саласында қолданудың мүмкіндіктерін зерттеген. Тіл үйрену үшін шетелге саяхаттау кейде қымбат немесе практикалық тұрғыдан қолайсыз болуы мүмкін. Ал виртуалды шынайылық (VR) ортасы басқа тілдік ортада болу тәжірибесін қауіпсіз әрі экономикалық тұрғыдан тиімді түрде алуға мүмкіндік береді. Осылайша, пайдаланушылар шетелге физикалық түрде бармай-ақ, тілдік дағдыларын дамытып, оқу үдерісінің икемділігі мен тиімділігін арттыра алады [6]. Špruk және әріптестері жүргізген «LingoVerse: Virtual Language Learning Through Gamification» зерттеуінде [7] неміс тілін үйретуге арналған VR-қосымша әзірленген. Қосымшадағы виртуалды кейіпкерлермен диалог жүргізу, үшөлшемді нысандармен әрекеттесу және ойын элементтерін қолдану білім алушылардың оқу үдерісіне белсенді қатысуын қамтамасыз етеді. Мұндай ортада олар қателесуден немесе сынға ұшыраудан қорықпай, тәжірибелер жасау арқылы жаңа дағдыларды меңгере алады. Сонымен қатар, VR ортасына ойын элементтерін енгізу (ұпайлар, деңгейлер, жедел кері байланыс және марапаттау жүйелері) білім алушылардың қызығушылығын арттырып, оқу мотивациясын күшейтеді. Виртуалды шынайылықтың тағы бір маңызды ерекшелігі – белсенді оқытуды қолдауы. Дәстүрлі оқытудағы пассивті бақылаудан айырмашылығы – білім алушылар виртуалды объектілермен тікелей әрекеттесіп, қозғалыс пен физикалық өзара әрекеттесу арқылы білім алады. LingoVerse платформасын пайдалану бойынша жүргізілген эксперимент нәтижелері виртуалды ортадағы визуализацияның оқу нәтижелеріне тікелей әсер ететінін көрсетті. Зерттеуге қатысқан 15 жастағы білім алушылардың оқу жетістіктері VR құралын қолданғаннан кейін статистикалық тұрғыдан жақсарған. Әсіресе, ойын барысында жиі әрекеттескен тақырыптар бойынша тест нәтижелерінің жоғарылағаны байқалған. Сонымен қатар, иммерсивті визуализация білім алушылардың назарын оқу тапсырмасына шоғырландырып, сыртқы алаңдатушы факторларды азайту арқылы оқу материалын тиімді меңгеруге ықпал еткен. Бұл нәтижелер білім алушылардың виртуалды ортаға деген оң көзқарасымен де расталады. Зерттеу барысында қатысушылар VR технологияларының интерактивтілігін дәстүрлі оқыту әдістерімен салыстырғанда әлдеқайда

тартымды деп бағалап, оны 5 балдық шкала бойынша 4,7 баллмен бағалаған. Мұндай жоғары көрсеткіш виртуалды шынайылық технологияларының білім алушылардың қызығушылығын арттырып, олардың оқу материалына деген ынтасы мен белсенділігін күшейтетінін дәлелдейді. Зерттеушілер виртуалды шынайылық технологияларының тілдік ортаға ену мүмкіндігін қамтамасыз етіп қана қоймай, ерекше білім беру қажеттіліктері бар тіл үйренушілерге де тиімді қолдау көрсете алатынын анықтаған [7].

Виртуалды шынайылық технологияларының білім берудегі тиімділігі STEM (ғылым, технология, инженерия және математика) бағытындағы зерттеулерде де дәлелденген. Maheshwari I. және Maheshwari P. жүргізген «Effectiveness of Immersive VR in STEM Education» атты зерттеуде иммерсивті VR технологияларының оқу нәтижелеріне әсері қарастырылған [8]. Көптеген білім алушылар STEM пәндерін, яғни жаратылыстану ғылымдары, технология, инженерия және математиканы күрделі немесе қызықсыз деп қабылдайды. Виртуалды шынайылық технологиялары осындай теріс көзқарасты өзгертіп, STEM бағытындағы пәндерге деген қызығушылықты арттырып қана қоймай, күрделі ұғымдарды визуализациялау арқылы оларды түсінуді жеңілдететінін көрсеткен [8].

Зерттеуде қарастырылған CalcVR платформасы математикадағы графикалық есептер мен ұғымдарды визуализациялауға арналған. STEM пәндерінде, әсіресе математикада, көптеген білім алушылардың абстрактілі ұғымдар мен кеңістіктік объектілерді көз алдына елестетуі өте қиын болуы мүмкін, бұл олардың оқу үдерісін тежейді, себебі кейбір ұғымдарды түсіну күрделі болады. Аталған қосымша білім алушыларға графикалық есептерді кеңістікте қарастыруға, оларды әртүрлі бұрыштан талдауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде күрделі тақырыптарды меңгеруді жеңілдетеді және оқуға деген қызығушылықты арттырады. Ал виртуалды шынайылық технологиялары арқылы мұндай ұғымдарды үшөлшемді форматта көрсету білім алушылардың оларды жақсырақ түсінуіне мүмкіндік береді [8].

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, VR технологияларын пайдалану барысында білім алушылар оқу үдерісіне көбірек қызығушылық танытады, бұл теориялық тұрғыдан алғанда олардың зейінін шоғырландыруына және білімді жақсырақ меңгеруіне ықпал етеді. Авторлар виртуалды шынайылық көмегімен STEM пәндерін оқыту барысында қолдануға болатын бірқатар артықшылықтар мен тиімді шешімдерді ұсынады. VR технологияларының маңызды артықшылығы – бұл жаңа когнитивті дағдыларды жетілдірудің тиімді тәсілі. Мұндай нәтижелерге басқа оқыту әдістері арқылы да қол жеткізуге болғанымен, бірқатар зерттеулер виртуалды шынайылықтың бұл міндетті тиімдірек және жоғары дәрежеде жүзеге асыратынын хабарлады [8]. Сонымен қатар, зерттеуде виртуалды шынайылық технологияларының оқытуды жекелендірудегі мүмкіндіктері көрсетіледі. VR ортасында қолданылатын «виртуалды агенттер» - арнайы бағдарламаланған, интерактивті виртуалды кейіпкерлер мен құралдар маңызды рөл атқарады. Олар білім алушыларға кез келген уақытта сапалы әрі мазмұнды оқу материалдарына қол жеткізуге мүмкіндік беріп, оқу үдерісінде икемділікті қамтамасыз етеді. Сондай-ақ, бұл орта білім алушылардың өз оқу қарқыны мен оқу стиліне сәйкес білім алуына жағдай жасайды. Нәтижесінде, олардың назарын оқу тапсырмасына шоғырландырып, сыртқы алаңдатушы факторлардың әсерін азайтады.

Енді AR технологияларының оқу үдерісіне әсерін қарастырайық. Білім беру саласында толықтырылған шынайылық технологияларын қолданудың кең таралған бағыттарының бірі – виртуалды турлар мен экскурсияларды ұйымдастыру. AR құралдарының көмегімен білім алушылар музейлерді аралап, тарихи орындарды зерттеп немесе әлемнің әртүрлі аймақтарымен таныса алады. Бұл олардың түрлі мәдениеттер мен қоғамдар туралы білімін кеңейтіп, оқу үдерісін анағұрлым қызықты етеді. Сонымен қатар, AR технологиялары интерактивті оқу материалдарын әзірлеуде кеңінен қолданылады. Виртуалды модельдер арқылы білім алушылар молекулалық биология, химия немесе физика сияқты пәндердегі күрделі ұғымдарды көрнекі түрде зерттей алады. Мысалы, биологияда ағза мүшелерінің құрылымын үшөлшемді форматта зерттеуге, химияда химиялық реакцияларды модельдеуге,

тарих пен географияда тарихи нысандарды визуализациялауға, физикада механизмдердің жұмысын талдауға, ал шет тілдерін оқытуда сөздердің айтылуын және мағынасын интерактивті түрде көрсетуге мүмкіндік береді [9]. AR технологияларының тағы бір артықшылығы – оларды қолдану үшін көп жағдайда смартфон немесе планшет жеткілікті болғандықтан, білім беру тәжірибесіне енгізудің қолжетімділігі жоғары болып табылады.

AR технологияларын білім беру үдерісінде қолданудың артықшылықтарымен қатар, бірқатар шектеулер де байқалады [10]. Оларға технологиялардың педагогикалық мүмкіндіктерінің жеткілікті зерттелмеуі, құрылғылардың жоғары құны, ақпаратты өңдеу мен сақтауға қойылатын жоғары талаптар, сондай-ақ психологиялық-педагогикалық аспектілердің толық анықталмауы жатады. Сондықтан AR технологияларын оқу үдерісіне тиімді енгізу үшін олардың техникалық және педагогикалық ерекшеліктерін жан-жақты зерттеу қажет.

Жүргізілген зерттеулерді талдау VR және AR технологияларының білім беру үдерісінде визуализацияны жүзеге асырудың тиімді құралдары екенін көрсетті. Бұл технологиялар оқу материалын көрнекі және интерактивті түрде ұсынуға мүмкіндік беріп, білім алушылардың оқу мотивациясын, танымдық белсенділігін және оқу үдерісіне қатысу деңгейін арттыруға ықпал етеді. Виртуалды және толықтырылған шынайылық құралдары күрделі ұғымдар мен үдерістерді визуализациялау арқылы оларды түсінуді жеңілдетіп, ақпаратты ұзақ мерзімді есте сақтауға жағдай жасайды.

Осылайша, VR және AR технологияларын білім беру үдерісіне енгізу оқытудың тиімділігін арттыруға, білім алушылардың оқу тәжірибесін байытуға және заманауи цифрлық білім беру ортасын қалыптастыруға мүмкіндік береді. Зерттеулер көрсеткендей, аталған технологиялардың тиімділігі оларды педагогикалық тұрғыдан дұрыс жобалау мен оқу мақсаттарына сәйкес қолдануға тікелей байланысты. Сондықтан аталған технологияларды оқу үдерісінде қолдану білім беруді дамытудың перспективалы бағыттарының бірі болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Jensen L, Konradsen F (2018) A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Educ Inf Technol* 23(4):1515–1529. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-017-9676-0>
2. Perry B (2022) Collaborative learning via mobile language gaming and augmented reality: affordances and limitations of technologies. PhD thesis, University of Victoria. <https://dspace.library.uvic.ca/items/a6d416a8-09ae-4cff-a32a-b889ebdf2e7b>
3. Pesek M, Hirci N, Žnideršič K, Marolt M (2024) Enhancing music rhythmic perception and performance with a VR game. *Virtual Real* 28(2):118. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-024-01014-y>
4. Напсо М. Д. VR и AR-технологии в образовательном процессе // Этносоциум и межнациональная культура. — 2023. — Т. 8. — № 182. — С. 120–125. — URL: [CyberLeninka](https://cyberleninka.ru) (дата обращения: 24.05.2026)
5. Gruber A., Kaplan-Rakowski R. User experience of public speaking practice in virtual reality // *Cognitive and Affective Perspectives on Immersive Technology*. – 2020. – P. 235–249. – DOI: 10.4018/978-1-7998-3250-8.ch012.)
6. Panagiotidis P. Virtual reality applications and language learning // *International Journal of Cross-Disciplinary Subjects in Education*. – 2021. – Vol. 12, No. 2. – P. 4447–4455. – DOI: 10.20533/ijcdse.2042.6364.2021.0543.
7. Špruk N.J., Žnideršič K., Marolt M., Pesek M. LingoVerse: virtual language learning through gamification // *Virtual Reality*. – 2025. – Vol. 29, Issue 4. – Article 174. DOI: 10.1007/s10055-025-01250-w.
8. Maheshwari I., Maheshwari P. Effectiveness of immersive VR in STEM education // 2020 seventh international conference on information technology trends (ITT). – IEEE, 2020. – С. 7-12.
9. Bölek, K.A., De Jong, G. & Hensen, D. The effectiveness of the use of augmented reality in anatomy education: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep* 11, 15292 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94721-4>
10. Забелин Д. А. Влияние AR-технологии в образовании // ББК 2, 3 Н 76. – 2023. – С. 61.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20815209>
УДК 528.44

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА В КАДАСТРЕ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

БЕКБОЛАТ ЕЛДАР

Студент института управления земельными ресурсами и архитектуры
Казахского агротехнического исследовательского университета им.С.Сейфуллина

МОЛДУМАРОВА ЖУЛДЫЗ ЕЛИБАЕВНА

Преподаватель института управления земельными ресурсами и архитектуры
Казахского агротехнического исследовательского университета им.С.Сейфуллина
Астана, Казахстан

Аннотация: В статье рассматриваются теоретические и прикладные аспекты пространственного анализа кадастровых данных с использованием геоинформационных систем. Раскрыта роль пространственной информации в управлении земельными ресурсами, территориальном планировании и принятии управленческих решений. Показаны возможности интеграции кадастровых сведений, содержащих координаты и семантические данные, в единую аналитическую среду для выявления закономерностей размещения объектов и оценки территории с последующим зонированием. Рассматриваются возможности применения пространственного анализа и центрографической статистики. Раскрываются понятия автокорреляции, пространственной неоднородности и зависимости объектов в пространстве. Особое внимание уделено методам центрографии, включая расчет среднего центра, медианного центра и центрального объекта. На примере пригородной зоны города Астана показано использование оценки социально-экономического потенциала населенных пунктов.

Ключевые слова: пространственный анализ, центрография, пространственная автокорреляция, территориальное планирование, медианный центр, центральный объект.

Пространственная информация становится необходимой практически в любой сфере и жизнедеятельности человека. Кадастровые сведения с пространственной привязкой (с координатами границ в сочетании с семантической информацией) становятся предметом анализа. Таким образом, кадастровые базы данных являются основой многих исследований прикладного характера. И более наглядным подобный анализ становится в сочетании с использованием ГИС технологий. Совокупность различных инструментов и методов объединяет местоположение и атрибуты и дает наглядную и понятную картину процессов, действующих в пространстве. То есть пространственный анализ дает ответ на поиск решений научных проблем. Это достаточно широкий термин: манипулирование или моделирование данными для выявления взаимосвязи и прогнозирования.

Социальные атрибуты (наличие в учетном кадастровом квартале объектов здравоохранения или образовательных учреждений, объектов КБО), инженерные характеристики, экологические позволяют оценить и зонировать территорию с учетом правовых ограничений и характеристик. С другой стороны, применяя, данные природных явлений (к примеру зоны подтопления) можно планировать территорию будущей застройки. Градостроительное зонирование в свою очередь связано с параметрами экономической жизни. Можно сказать, что анализ позволяет выявить закономерности в расположении и осуществлять территориальное планирование, что несомненно входит в понятие управления земельными ресурсами [1].

Как правило, в ГИС выделяется точечные, линейные и полигональные данные. Точка-это простейшие данные и тут важно понимать: сгруппированы ли точки- объекты случайно

или имеет место быть влияние фактора. Причем атрибуты могут иметь временной формат. Центрография- основной анализ совокупности объектов по схеме (центр- разброс и тренд). Анализ полигональных данных можно свести к анализу точечных данных (через физический центр массива), или наоборот, генерализация данных (объединение однородных участков) в зоны. Для подобного анализа характерны термины: пространственная неоднородность или кластеризация. Для линейных объектов тоже возможно выявление закономерностей в виде выявления, пробок в часы-пик или рассчитываемые изолинии выявляемых процессов в сочетании с интерполяцией.

Можно выделить что визуализация данных и правильная интерпретация- это ключевые этапы последовательности анализа. Объяснение происходит через пространственное моделирование: почему и как. Например, как рост населения влияет на урбанизацию. Мы пытаемся объяснить явления- переменную и измеряем переменные через пространственную регрессию. Нередко результат нам дает возможность вернуться к началу анализа и выбрать другие инструменты.

Сложно различать термины «географический», «пространственный» или «геопространственный». По мнению экспертов, «географический» включает информацию местоположения на поверхности Земли. «Пространственный»- уже включает информацию атрибутов. «Геопространственный»- это сочетание анализа местоположения и пространственного моделирования.

Возвращаясь к основным способам визуализации явлений (точка и полигон). Например, населенные пункты в ниже приведенном анализе представлены как полигоны, а можно отобразить как физический центр- точку. Полигональное представление данных при этом, как правило, использует растровый тип данных, для отображения меняющихся свойств. Например, ячейки с данными загрязненности, бонитировки или температуры. При этом векторную можно преобразовать в растровую и, наоборот.

Важно понимать основную группировку атрибутов: номинальная, порядковая и интервальная. Номинальные нельзя измерить: названия городов, человеческая раса, название почвенного покрова. К ним применимы такие операторы, как «равно» или «не равно». Порядковые (например, названия почв Казахстана), можно упорядочить, но нельзя использовать для вычислений, также называются «категориальными». К ним можно применять операторы «больше чем» и «меньше чем».

Интервальные (относительные) переменные или, так называемые, числовые, если они ограничены категориями, то называются дискретными. То есть это класс относительно какого-то уровня и позволяют выполнять операции сложения и вычитания. Но данные переменные могут не сохранять отношения. Приведем пример: кадастровый участок «В» дороже в 2 раза, чем «А». Это не интервальные данные, а шкала отношений. Дихотомические переменные также могут рассматриваться как дискретные интервального уровня.

Набор переменных (данных) позволяют использовать статистические методы (описательная статистика, статистика выводов и пояснительная статистика). Описательная статистика обобщает конкретную выборку и применима только к конкретному набору данных. Статистика выводов на основе теории вероятностей, может сделать выводы для всей генеральной совокупности (проверка гипотез, определение доверительного интервала или байесовский вывод). А пояснительная статистика через зависимую переменную выявляет взаимосвязи между переменными и дает возможные объяснения (регрессионный анализ).

В процессе преобразования данных в связи с местоположением в пространственную визуализацию позволяет выполнять команды-запросы: где проживает большинство, где земля дороже, как лучше проехать, что ближе или в каком радиусе обслуживается, каков социально-экономический уровень этого населенного пункта. И данный круг вопросов необходима связь с местоположением. Поиску скрытой информации помогает использование приемов и методов статистики: расстояние, форма землепользования, смежность участков, взаимосвязь и т.д. Здесь важно отметить, что наличие пространственной

автокорреляции/зависимости (первый закон географии Тоблера). Наличие пространственной автокорреляции в наборе пространственных данных не обязательно является проблемой, просто требует применения специальных инструментов [1].

По сути объекты связаны между собой (социально, экономически и пр.) и эти связи можно измерить: близкий или в аспекте времени. Таким образом, это позволяет концептуализировать пространственные отношения. Типичный и хороший пример - это проблема изменяющейся пространственной единицы. Оценочное зонирование определяется по границам уже утвержденных учетных кварталов. На территории кварталов возможно расположение участков с разным функциональным назначением. Или возможно различие по площади кварталов в сельской местности достаточно значимым. В таком случае агрегирование данных теряет часть ценной информации.

Гетерогенность (неоднородность) пространства: стоимость земли на левом берегу реки столицы Казахстана выше ввиду большего развития территории. Или неоднородность расположения жилых комплексов: люкс-комфорт расположен рядом с комплексами государственных программ для безвозмездного предоставления жилья. Неоднородность распределения переменных внутри кварталов (концентрация событий) необходимо учитывать для вычисления показателей.

По сути неоднородность территории связана с количеством явлений и может образовывать кластеры. Но необходимо учитывать неоднородность в связи с количеством этих событий. Таким образом, неоднородность не означает отсутствия пространственной автокорреляцией. Более того, трудно отличить последнюю от пространственной зависимости. Тогда имеет место быть «обратная задача»: являются ли кластера результатом структурной неоднородности. Также проблема краевых эффектов существует при анализе расположения объектов в границах административных объектов (районов) или учетных кварталов. Тогда как такие объекты могут располагаться вблизи, но за чертой квартала (района). Проще говоря, можно выделить такие понятия, как: близость, смежность, наложение, окрестность. При исследовании агломерационных связей целесообразнее использовать функцию затухания (обратное расстояние): чем дальше от центра, тем меньше событий.

Центрографическая статистика – это основной инструмент в земельно-кадастровом зонировании. В проектах агломераций или градостроительном зонировании, проектах продовольственного пояса вокруг крупных городов или расчетах границы пригородной зоны рассчитываются средний центр, для сравнения медианный центр, центральный объект, стандартное расстояние и эллипс стандартного отклонения.

Средний центр - это географический центр набора пространственных объектов, мера центральной тенденции; вычисляется как среднее значение x_i и y_i значения центроидов пространственных объектов.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

где:

n - количество объектов (районов, участков и т.д.)

x_i – координата i -го объекта (например, кадастровая стоимость)

\bar{X} - координата среднего центра

Причем средний центр можно рассчитать с учетом веса:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

где:

w_i – вес i -го объекта (например, трудоемкость данного севооборота)

Применительно для пригородных земель столицы г.Астана, то для определения центров местных систем расселения- оптимального местоположения «точек роста» - основой

для расчетов была принята формула проф. , д.э.н., член-корреспондента РАН А.П. Огаркова [2].

$$P = \sum_{u=1}^k E_u \sqrt{(X_u - X_{ж})^2 + (Y_u - Y_{ж})^2}$$

где:

P -минимальное суммарное расстояние;

E_u - «вес» заданного массива;

X_u, Y_u -координаты заданных массивов;

$X_{ж}, Y_{ж}$ - координаты рассматриваемых «точек»;

$u \dots k$ - число заданных массивов.

Через индикаторы высчитывался коэффициент (k_j) по каждому населенному пункту.

Тогда формула примет вид:

$$P = k_j \frac{\sum_{i=1}^n E_i * D_i}{\sum_{i=1}^n E_i}$$

где:

P -минимальное суммарное расстояние;

k_j - коэффициент социально-экономического потенциала точки j ;

E_i - «вес» заданного массива i ;

D_i - расстояние от точки j до массива i ;

$i \dots n$ -число заданных массивов;

$j \dots n$ -число заданных населенных пунктов (точек)

Причем само значение E_i - это трудоемкость данного севооборота, выражаемое в чел*час с учетом площади массива:

$$E_i = N h_i * S_i$$

где:

E_i - «вес» заданного массива i ;

$N h_i$ -затраты труда на 1 га в зависимости от типа севооборота;

S_i -площадь севооборота.

Вначале были произведены предварительные расчеты в ArcMap по формуле проф., д.э.н. Огаркова А.П. Результаты представлены на рисунке 1.

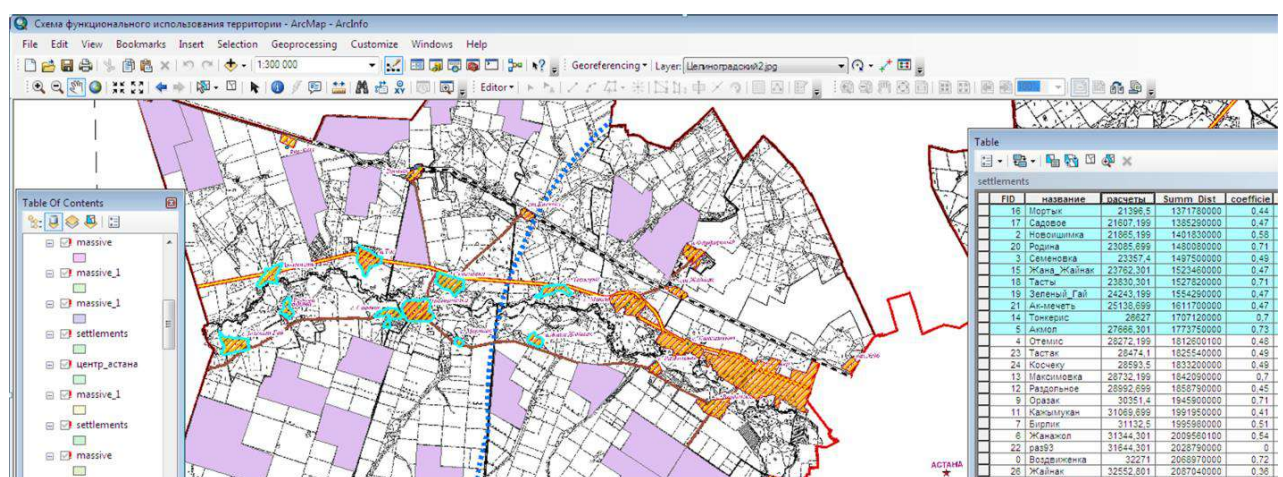


Рисунок 1. Применение центрографии в пригородной зоне

Далее формула была скорректирована до следующего вида:

$$P = \frac{k_j p_j}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n E_i * D_i}{\sum_{i=1}^n E_i} \right)^2}$$

где:

k_j - коэффициент социально-экономического потенциала точки j ;

p_j -население в точке j ;

E_i - «вес» заданного массива i ;

D_i - расстояние от точки j до массива i ;

$i...n$ -число заданных массивов;

$j...n$ -число заданных населенных пунктов (точек)

Анализируя полученные данные, нужно подчеркнуть, что расположение средних центров различно и здесь учитывается потенциал каждого населенного пункта.

Средний центр используется для определения географического центра распределения, а с учетом веса- взвешенного центра. В данном случае мы получаем характеристику распределения социальных и экономически важных объектов в пригородной зоне. Он мало информативен и чаще используется для сравнения нескольких распределений с учетом временных рядов для выявления тенденций, причем с учетом веса- атрибута. Здесь важно учитывать географические выбросы. Представим районы города и цену жилья (аренды). Если в среднем все равно колеблются около 10ти, а один из объектов достиг значения 50ти. То есть превышает в 5 раз среднее значение. Значение сильно отличается от соседей. Медианный центр- это точка с минимальными значениями расстояний (также возможен учет веса в расчетах). Он используется для поиска минимального перемещения или взвешенных затрат. По сути, это новое местоположение, которое может не совпадать с существующей сетью населенных пунктов. Но может использоваться для развития территории и создания новых откормочных площадок, к примеру, в проектах продовольственного пояса. Медианный центр – это приблизительный ответ на поставленный вопрос о местоположении (если имеется несколько центров- алгоритм вернет только одно). Потому что по сути, это итерационный процесс, когда выбирается начальное положение центра и уточняется его положение подсчетом расстояний и последующего смещения до нахождения центра с заданной точностью. При этом чувствительность к географическим выбросам низкая[3].

Центральный объект (взвешенный)- это уже существующий объект среди, например, предложенных населенных пунктов с минимизирующим расстоянием до остальных объектов. Используется для поиска, который находится ближе к центру. Визуально взвешенный центральный объект может находиться в стороне, так как здесь действует вес, как сила притяжения. Здесь возможно использование для поиска центра развития сельского округа- точки роста. Он также устойчив к географическим выбросам.

В проекте Астанинской агломерации можно отметить наиболее близкие к центрографии следующие разработанные схемы:

- с выделением земель низкого качества,
- массивов наиболее ценных сельскохозяйственных угодий;
- зон развития зерновых, пастбищного животноводства и пр.;
- по условиям плодородия почв;
- сельскохозяйственной специализации с учетом структуры угодий;
- проектных рекреационных зон;
- размещения проектных хозяйственных центров[4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Грекусис, Д. Методы и практика пространственного анализа / Д. Грекусис ; перевод с английского А. Н. Киселева. — Москва: ДМК Пресс, 2021. — 540 с. — ISBN 978-5-97060-912-5
2. Огарков А. П. Социально-экономическое развитие и обустройство села / А. П. Огарков ; Российская академия сельскохозяйственных наук. — М. : Российская академия сельскохозяйственных наук, 2007. — 398 с. — ISBN 5-85941-213-4
3. Кадочникова, Е. И. Статистический анализ пространственных данных : учебное пособие / Е. И. Кадочникова, Ю. А. Варламова. — Казань: КФУ, 2023. — 140 с. — ISBN 978-5-00130-700-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/332354> (дата обращения: 05.06.2026).
4. Молдумарова Ж. Е. Изменение земельной политики и стимулирование эффективного землепользования // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. — 2016. — № 4 (135). — С. 34–38.

СОДЕРЖАНИЕ CONTENT

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ TECHNICAL SCIENCES

JABBAROVA LALA YUSIF, SULEYMANLI AGAKARIM ISRAFIL [BAKU, AZERBAIJAN] CATALYTIC PYROLYSIS FRACTIONS AT LOW TEMPERATURES.....	3
JABBAROVA L.Y., MURSALIYEVA N. C. [BAKU, AZERBAIJAN] A REVIEW OF INNOVATIONS IN WATER-GAS SHIFT AND STEAM REFORMING FOR HYDROGEN PRODUCTION.....	9
AĞAMİRZƏYEV K.Y., HƏSƏNOV T.Q [AZƏRBAYCAN, BAKI] ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ TEXNİKİ İTKİLƏRİN STRUKTUR ANALİZİ VƏ MODERNLƏŞMƏ TEXNOLOGİYALARININ SƏMƏRƏLİLİYİ.....	12
SƏMƏDOV AZAD RAUF OĞLU, CAVADOVA MİRFATMA MİRBABA QIZI [AZƏRBAYCAN] SƏYYAR TELEVİZİYA STANSİYASINDA ELEKTRİK AVADANLIQIARIN İŞ PRİNSİPİNİN ARAŞDIRILMASI.....	18
НИШОНБОВ АЛИШЕР НИШОНБОВИЧ, ТОШМАТОВА ХУСНИЧОН МУМИНОВНА [ХУДЖАНД, ТАДЖИКИСТАН] СИСТЕМА СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	23
JABBAROVA LALA YUSIF, SABRAYILOVA ILHANA ELNAR [BAKU, AZERBAIJAN] OPTIMIZATION OF THE HYDROCARBON PRODUCTION PROCESS FROM NATURAL GAS.....	28
АЛДАБЕРГЕНҚЫЗЫ ӘМИНА, ХАМЗИНА Б.Е. [КӨКШЕТАУ, ҚАЗАҚСТАН] VR ҚҰРАЛДАРЫМЕН ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУДЫҢ ОҚУ ҮДЕРІСІНЕ ӘСЕРІ.....	34
БЕКБОЛАТ ЕЛДАР, МОЛДУМАРОВА ЖУЛДЫЗ ЕЛИБАЕВНА [АСТАНА, ҚАЗАХСТАН] ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА В КАДАСТРЕ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ.....	39



"IN THE WORLD OF SCIENCE AND EDUCATION"

Контакт

els.education23@mail.ru

Наш сайт

irc-els.com

international scientific centre "Endless light in science"