



**TIIAME**  
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY

**90**

RASHIDOV  
NIYOZ  
SHAKESPEARE

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE  
DEDICATED TO THE 90TH ANNIVERSARY OF THE  
“TIIAME” NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

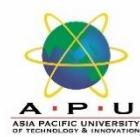
on the topic:

**“DEVELOPMENT OF SPECIALIZED HIGHER  
EDUCATION AND SCIENCE IN THE CONDITIONS  
OF GLOBALIZATION: PROBLEMS AND  
OPPORTUNITIES”**

**CONFERENCE PROCEEDINGS**

**SECTION IV**

**Tashkent, Uzbekistan  
April 9–10, 2025**



## The conference dedicated to the 90th anniversary of the “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research University *on the topic*

**“Development of Specialized Higher Education and  
Science in the Conditions of Globalization :  
Problems and Opportunities”  
International Scientific Conference**

## CONFERENCE PROCEEDINGS

"Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"  
National Research University

### SECTION IV

April 9–10, 2025, Tashkent, Uzbekistan

## ORGANIZING COMMITTEE OF THE CONFERENCE

### Editorial Board Chair:

**B.S.Mirzaev**

*Rector of the "TIIAME" National Research University,  
Doctor of Technical Sciences, Professor*

### Editorial Board Members:

**B.A.Khudayarov**

*Vice-Rector for Academic Affairs, "TIIAME" National Research University,  
Doctor of Technical Sciences, Professor*

**R.K.Choriyev**

*Vice-Rector for Youth Affairs and Spiritual-Educational Work,  
"TIIAME" National Research University, Doctor of Pedagogical Sciences*

**Sh.S.Shokirov**

*Vice-Rector for Scientific Research and Innovation,  
"TIIAME" National Research University, Doctor of Technical Sciences*

**A.T.Salokhiddinov**

*Vice-Rector for International Cooperation,  
"TIIAME" National Research University, Doctor of Technical Sciences, Professor*

**B.U.Khasanov**

*Vice-Rector for Financial and Economic Affairs, "TIIAME" National Research  
University, Candidate of Economic Sciences, Professor*

**Q.A.Shavazov**

*Dean of the Faculty of Agricultural Mechanization,  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

**A.J.Isaqov**

*Dean of the Faculty of Energy, Doctor of Technical Sciences*

**U.Z.Alimov**

*Dean of the Faculty of Economics,  
Doctor of Philosophy (PhD) in Economics, Associate Professor*

**L.Q.Babajanov**

*Dean of the Faculty of Hydraulic Engineering Construction,  
Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Associate Professor*

**J.K.Ishchanov**

*Dean of the Faculty of Hydromelioration,  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

**Kh.R.Pirmatov**

*Dean of the Faculty of Ecology and Law,  
Doctor of Philosophy (PhD), Associate Professor*

**A.N.Inamov**

*Dean of the Faculty of Land Resources and Cadastre,  
Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Associate Professor*

### Editorial Council Members:

**M.Bakiev**

*Head of Section I, Doctor of Technical Sciences, Professor*

**B.Abdullaev**

*Head of Section II, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor*

**A.Igamberdiev**

*Head of Section III, Doctor of Technical Sciences, Professor*

**R.Baratov**

*Head of Section IV, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

**Q.Rakhmonov**

*Head of Section V, Doctor of Technical Sciences, Professor*

**M.Khamidov**

*Head of Section VI, Doctor of Agricultural Sciences, Professor*

**N.Khushmatov**

*Head of Section VII, Doctor of Economic Sciences, Professor*

**U.B.Mukhtorov**

*Head of the Department of Land Resources Management,  
Doctor of Philosophy (PhD) in Economics, Associate Professor*

**Z.Z.Abdurakhmonov**

*Assistant, Department of State Cadastres*

**N.N.Teshayev**

*Assistant, Department of Geodesy and Geoinformatics*

**Sh.Sh.Khamidullaev**

*PhD Student, Department of Geodesy and Geoinformatics*

**D.O.Zarifboev**

*Master's Student, Department of Geodesy and Geoinformatics*

*The authors are responsible for the accuracy of the information and  
the correctness of the references cited in the abstracts included in the collection.*

**Hello dear guests, esteemed friends, colleagues, ladies and gentlemen,  
Welcome to the 90th anniversary celebration of the “Tashkent Institute  
of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research  
University.**

I express my heartfelt gratitude to the ambassadors of foreign countries, rectors of companies and universities, heads and representatives of the ministries of the Republic of Uzbekistan, leaders of enterprises and organizations, and rectors of higher education institutions who have attended today's anniversary event. I convey my deep respect and best wishes to all of you.

By Order No. 5758 of the People's Commissariat of Agriculture dated November 11, 1934, the Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers was established. The foundation of TIIAME laid a strong basis for training engineers in hydrotechnology and agricultural mechanics for the water management sector.

In the 1950s and 1960s, the university's faculty and students made significant contributions to the development of the Great Fergana Canal, Mirzachul, Central Fergana, Surkhan-Sherabad, Karshi deserts, and the lower reaches of the Amu Darya.

Simultaneously, in the 1960s, the university expanded its mission to train specialists for foreign countries. Nearly 5,000 students from 37 countries across Asia, Africa, and Latin America studied at the university.

**Today, the university's primary mission is to train personnel at the level of world-class universities and to conduct cutting-edge research.** A modern and comprehensive infrastructure has been developed on campus.

TIIAME has initiated training programs in areas such as the development and digitalization of agriculture and water management, as well as in software engineering, artificial intelligence, mechatronics, robotics, remote sensing, and space technologies. As part of institutional transformation, "twinning" partnerships have been established between university departments and those of top global universities. These partnerships enable the development of new educational programs, improvement of existing ones, joint research projects, co-authorship of scientific publications, and robust international collaboration.

**Notably, dual-degree educational programs are being implemented in collaboration with Wageningen University in the Netherlands (TOP 67) and Michigan State University in the USA (TOP 122).**

Moreover, real-time educational sessions are being conducted as part of a "Joint Class" initiative integrating the educational systems of the USA and Uzbekistan, in collaboration with Colorado State University.

Over the past two years, 52 academic staff members have obtained PhD degrees, and 13 have defended their Doctor of Science (DSc) degrees, leading to an 18% increase in scientific capacity. The university's average scientific potential now stands at 71%.

To foster integration between science, education, and industry, 16 specialized classrooms have been established with the support of the Ministry of Water Resources, Uzbekhydroenergo, the State Scientific Design Institute "Uzdaverloyiha," UNESCO, the German international cooperation agency GIZ, German companies CLAAS and Lemken, Austria's Felder Group, Hungary's Obuda University, U.S. companies Case, New Holland, and John Deere, Russia's Rostselmash, LLC "PETRO TEST AVTO," Agrobank JSCB, People's Bank JSCB, Turonbank JSCB, and other foreign and local organizations. These classrooms are equipped with modern technical and laboratory equipment.

**An "Employer Scholarship" program has been introduced for final-year students by partner organizations. Currently, more than 100 students benefit from this initiative.**

The active participation of expatriate scientists working in Germany, Belgium, the USA, Latvia, Poland, the UAE, and China in the scientific laboratories of the Institute of

Fundamental and Applied Research under TIIAME is significantly enhancing research effectiveness.

**As you saw in the video, in 2024, researchers from the university and IFAR published scientific articles in journals indexed in the Scopus and Web of Science databases.**

In the first quarter of 2025 alone, nearly 250 articles were published—84% of which appeared in Q1 and Q2 journals. This is a significant increase compared to 41% in 2024, demonstrating a remarkable rise in the quality of our research.

**On campus, several major developments have taken place:**

**• The IT Park was transformed into an Artificial Intelligence incubator;**

**• A Smart Library, a sports and wellness complex, two student dormitories, and two academic buildings were reconstructed;**

**• Three alternative heating boiler systems were installed;**

**• A remote student registration service office was launched.**

The number of educational, research, and international projects and grants has reached 29, with 8 added this year alone. Moreover, the volume of foreign investment has increased by 19%.

**Currently, revenue from scientific research and international grants accounts for 36% of the university's annual budget.**

TIIAME is now recognized in major global university rankings:

**• THE World University Rankings 2025:** ranked 601st globally, 2nd in Central Asia and the South Caucasus, and 1st in Uzbekistan.

**• QS World University Rankings 2025:** ranked 547th globally, 4th in Central Asia and the South Caucasus, and again 1st in Uzbekistan.

**• By the end of 2024, the university ranked among the top 20% of universities globally in terms of education, research, and international cooperation.**

**Dear participants of the conference,** we are honored to welcome you to this celebration, which is attended by ambassadors and consulate leaders from over 20 countries, including representatives of the European Union, France, Germany, Bangladesh, China, Hungary, Russia, Kazakhstan, Tajikistan, and Azerbaijan.

Nearly 100 international scholars from countries including the United States, Canada, the United Kingdom, the Netherlands, Turkey, Belarus, Singapore, Malaysia, South Korea, India, Iran, Kyrgyzstan, and others are also present. Among them are recipients of prestigious awards such as the Nobel Prize, Zayed Award, and Mustafa Prize.

**This remarkable attendance is a sincere sign of respect and recognition for the "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University.** On behalf of our entire university, I express my deepest gratitude to all participants.

Dear guests, in conclusion, I would once again like to sincerely congratulate you on this joyful occasion and, with your kind permission, officially declare the 90th anniversary celebration open.

**I wish you all a pleasant and uplifting experience.**

**Thank you for your attention.**

**B.S. Mirzaev**

*Rector of the "TIIAME" National Research University,  
Doctor of Technical Sciences, Professor*

## SECTION IV

### ISSUES IN ENHANCING ENERGY EFFICIENCY AND THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

#### Mundarija/Содержание/Contents

<b>Akbar Gapparov , Javokhir Tursunboyev , Burkhonova Munisakhon -</b>	
<b>1.</b> Analysis of the influence of water quality indicators on the productivity of agricultural crops due to electrical conductivity	<b>7</b>
<b>Nurmaxamadov Uchqun Omonboy o`g`li- Atom elektr stansiyalarining ishlash prinsipi va xavfsizlik omillari</b>	<b>15</b>
<b>2.</b> <b>Adylov Yalkin Tuychievich , Axmurzayeva Zuxra Rustamovna, Mavlona Moshhura Tohir qizi - Development of a mathematical model for optimization of the operation of a wind power station</b>	<b>23</b>
<b>3.</b> <b>Aktam Denmukhammadiev , Oybek Matchonov , Ikram Davletov , Zhanserikkyzy Aknur , Tengelov Sanjar- Electrotechnical methods for safe snow and ice removal from buildings</b>	<b>30</b>
<b>Turdibayev Abduvali Abdujalolovich , Abdikarimov Abdiraxim Abdijabbor o`g`li- Elektr tarmoqlarining energiya samaradorligini oshirish usullari</b>	<b>39</b>
<b>4.</b> <b>Achilov Xusen Djabarovich- Elektr yuritmalardagi motorlarning ishchi rejimlarini optimallashtirish</b>	<b>50</b>
<b>5.</b> <b>Boboyev G`aybull , Nurmuxamedov Najmiddin - Energiya samaradorligini oshirish maqsadida elektr energiyasining sifatini tizimli yo`lga qo`yish mexanizmi</b>	<b>55</b>
<b>6.</b> <b>Hajiyev Nurbek Matyakubovich- Energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish muammolari</b>	<b>60</b>
<b>7.</b> <b>Ergashov Shoxruxbek Olimjon o`g`li , Berdiyorov O`lmasbek Nurali o`g`li - Havo oralig`ining asinxron mashinalar ishonchiligidagi ta'siri</b>	<b>70</b>
<b>8.</b> <b>Izzatillayev J.O. , Valijanova H.M. - Improvement of method of management of working modes of local electricity network consumers</b>	<b>72</b>
<b>9.</b> <b>Palvan Iskandarovich Kalandarov , Naibakhon Saidaminovna Mamadalieva, Lazizbek Furkatzhanovich Saidoripov , Khusniddin Khusenovich Abdullaev - Influence of humidity on methane yield concentration in biogas production</b>	<b>77</b>
<b>10.</b> <b>Turdibayev Abduvali Abdujalolovich , Abdikarimov Abdiraxim Abdijabbor o`g`li - Kartoshkani kolorado qo`ng`izi zararidan himoya qilishda elektrofizik ta'sirlardan foydalanish va asoslash</b>	<b>93</b>
<b>11.</b> <b>Baltabayev Baxadir Zaxidjon o`g`li , Matchonov Oybek Qo`chqorovich , Sapayev Navro`zbek Axmedjon o`g`li- Kungaboqar donini quritish texnologiyalarining afzalliklari va kamchiliklari</b>	<b>101</b>
<b>12.</b> <b>Ezozbek Ozodov PhD , Otabeck Ismailov - Ma'lumotlarni avtomatlashtirish asosida suv resurslarini monitoring qilish va ularni bashorat qilish</b>	<b>107</b>
<b>13.</b> <b>Oxunboboyeva Charos Zuxriddin qizi- Mexanizatsiyalash darajasini oshirishda yashil iqtisodiyot tamoyillarini html orqali baholash</b>	<b>116</b>
<b>14.</b> <b>Nuraliyeva Nodira Abdukamilovna- Mobil energiya ta'minotining texnik-iqtisodiy ko`rsatkichlari (quyosh-shamol mobil elektr stansiyasi misolida</b>	<b>125</b>
<b>15.</b> <b>Mamarasulova Gulruh Shavkat qizi , Toshpo`latov Nusratillo Telmanovich - O'smat shaharchasi elektr tarmoqlarini raqamlı boshqarish</b>	<b>139</b>
<b>16.</b> <b>Matchonov Oybek Qo`chqorovich , Baltabayev Baxadir Zaxidjon o`g`li - Paxta texnik chigitini namligini kamaytirish jarayonini imitasion modellashhtirish va uni tahlili</b>	<b>149</b>
<b>17.</b> <b>Siddikov Ilkhomjon Khakimovich , Mustofoyev G'anisher Bahodir o`g`li- Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashning isroflarni kamaytirishga tasiri</b>	<b>155</b>
<b>18.</b> <b>Abdullayev Mirshod Shuxratovich , Bozorov Elmurod Ostanovich - Qishloq xo`jaligida nematoda zararkunandalariga qarshi kurash usullari</b>	<b>166</b>

<b>21.</b>	<b>А.Т.Musurmonov , J.N.Faiziev , X.B. Utaganov , Sh.Sh.Mirzakhodjaev , M. Allanazarov - Испытания полуоткрывателя укрытых виноградников почвой</b>	<b>173</b>
<b>22.</b>	<b>Ж.О. Иззатиллаев , К.Х Валижонова - Қайта тикланувчи энергия манбаларидаги асосидағи локал электр тармоқ истеъмолчиларининг иш режимлари таҳлили</b>	<b>181</b>
<b>23.</b>	<b>Мухамедиева Д.Т , Раупова М.Х- Оптимальное управление уровнем загрязнения с использованием принципа максимума понтрягина</b>	<b>191</b>
<b>24.</b>	<b>Мирзаев Абдурашид Тухтасинович , Тошкенбоева Сохиба Икром кизи - Оценка влияния увеличения доли электростанций, использующих возобновляемые источники энергии на формирование суточного графика производства-потребления электроэнергии</b>	<b>197</b>
<b>25.</b>	<b>Мухамедиева Д.Т , Раупова М.Х- Принцип максимума понтрягина для задачи управления экологическими процессами в постановке Майера</b>	<b>217</b>
<b>26.</b>	<b>N.M.Markayev- Ўзгарувчан электр токи билан шилов беришини узум новда қаламчалари тутувчанигига таъсирини назарий асослаш</b>	<b>223</b>
<b>27.</b>	<b>Qodirov Sayfullo Xabibullo o'g'li- Qishloq xo'jaligi pestitsidlarini avtonom tarzda kvadrokopter turidagi uchuvchisiz uchish vositasi orqali purkash</b>	<b>238</b>
<b>28.</b>	<b>Qodirov Sayfullo Xabibullo o'g'li- Uchuvchisiz uchish vositalari orqali pestitsid purkash: samaradorlik va istiqbollar</b>	<b>242</b>
<b>29.</b>	<b>Akram Mirzabayev , Bobur Shodiyev - Jahonda quyoshiy sovutish tizimi ilmiy izlanishlar natijalari va muhandislik yechimlari</b>	<b>246</b>
<b>30.</b>	<b>A. N. Dagang, N. S. Alias, H. Salleh, N. A. Nik Aziz, S. K. Zaaba- Plasma treatment on dye-sensitized solar cells: optical and structural properties optimization</b>	<b>251</b>
<b>31.</b>	<b>Саттаров Азим Сайдович, Исаков Абдусаид Жалилович - Ўзбекистоннинг энергетик салоҳияти ва ижтимоий-иктисодий ривожланишини таъминлашда энергия ресурсларига бўлган талаб</b>	<b>252</b>

## **ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF WATER QUALITY INDICATORS ON THE PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL CROPS DUE TO ELECTRICAL CONDUCTIVITY**

**Akbar Gapparov** – PhD dots at at the department of “Electrical Engineering and Mechatronics” at “*Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers*” National Research University

**Javokhir Tursunboyev** – master’s student at the department of “Electrical Engineering and Mechatronics” at “*Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers*” National Research University

**Burkhonova Munisakhon** – PhD student at the department of “Irrigation and melioration”, “Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers” National research university, Uzbekistan

**Annotation.** Today, rational and efficient use of land resources, especially irrigation water, is becoming a pressing issue in our republic. In particular, one of the main tasks is to study and evaluate the physical, chemical and biological properties of irrigation water, its impact on crop yields. Therefore, this article is devoted to studying the productivity of irrigation water based on electrical conductivity. The relevance of the work lies in the fact that until now the quality indicators of irrigation water in our republic have not been fully analyzed for electrical conductivity. Analytical data helps to obtain primary information about the composition of irrigation water and the presence of inorganic compounds and at the same time achieve high productivity. The article discusses the salt tolerance of agricultural crops grown in our republic and the classification of irrigation water by mineralization, expressed in units of electrical conductivity. The values of yield reduction when electrical conductivity exceeds a certain limit are presented, as well as the possibility of using this indicator for selecting crops and assessing yield reduction due to increased soil salinity or mineralization of irrigation water. an increase in the average height, in the structure of the crop agrocenoses of corn hybrids.

**Key words:** electrical conductivity, irrigation water quality, agricultural crop productivity, soil salinity, water mineralization

**Аннотация.** В настоящее время рациональное и эффективное использование земельных ресурсов, особенно оросительной воды, становится актуальной проблемой в нашей республике. В частности, одной из главных задач является изучение и оценка физических, химических и биологических свойств оросительной воды, а также её влияния на урожайность сельскохозяйственных культур. Поэтому данная статья посвящена исследованию продуктивности оросительной воды на основе её

**электропроводности.** Актуальность работы заключается в том, что до настоящего времени качественные показатели оросительной воды в нашей республике не были полностью проанализированы с точки зрения электропроводности. Аналитические данные позволяют получить первичную информацию о составе оросительной воды и наличии неорганических соединений, а также достичь высокой продуктивности. В статье рассматривается солеустойчивость сельскохозяйственных культур, выращиваемых в нашей республике, и классификация оросительной воды по минерализации, выраженной в единицах электропроводности. Приведены значения снижения урожайности при превышении определённого порога электропроводности, а также возможность использования данного показателя для подбора культур и оценки снижения урожая из-за повышения засоленности почвы или минерализации оросительной воды.

**Ключевые слова:** электропроводность, качество оросительной воды, продуктивность сельскохозяйственных культур, засоление почвы, минерализация воды.

**Annotatsiya.** Bugungi kunda yer resurslaridan, ayniqsa, sug'orish suvlaridan oqilona va samarali foydalanish respublikamizda dolzarb masalalardan biriga aylanmoqda. Xususan, asosiy vazifalardan biri sug'orish suvining fizik, kimyoviy va biologik xususiyatlarini o'rganish hamda uning hosildorlikka ta'sirini baholashdir. Shu sababli ushbu maqola sug'orish suvining elektr o'tkazuvchanligi asosida uning samaradorligini o'rganishga bag'ishlangan. Ishning dolzarbligi shundan iboratki, hozirgacha respublikamizda sug'orish suvining sifat ko'rsatkichlari elektr o'tkazuvchanligi nuqtai nazaridan to'liq tahlil qilinmagan. Tahliliy ma'lumotlar sug'orish suvining tarkibi va undagi noorganik birikmalar haqida dastlabki ma'lumotlarni olishga hamda yuqori hosildorlikka erishishga yordam beradi. Maqolada respublikamizda yetishtiriladigan qishloq xo'jaligi ekinlarining sho'rga chidamliligi hamda sug'orish suvining elektr o'tkazuvchanlik birliklarida ifodalangan mineralizatsiyasi bo'yicha tasnifi muhokama qilinadi. Elektr o'tkazuvchanlik ma'lum chegaradan oshganda hosildorlikning kamayish qiymatlari, shuningdek, ushbu ko'rsatkichdan ekinlarni tanlash va tuproq sho'rланishi yoki sug'orish suvining mineralizatsiyasi ortishi natijasida hosildorlikning pasayishini baholashda foydalanish imkoniyati keltirilgan.

**Kalit so'zlar:** elektr o'tkazuvchanlik, sug'orish suvi sifati, qishloq xo'jaligi ekinlari hosildorligi, tuproq sho'rланishi, suv mineralizatsiyasi.

## Introduction

The irrigation and drainage infrastructure built in the last century is outdated: the concrete channels are broken, silted up, the sluices are partially damaged, drainage silting continues, etc., and there are also some deficiencies in the local water management.

Unfortunately, due to the lack of water resources in recent years, water sources characterized by increased mineralization of water are being used more and more. In areas planned for irrigation, the electrical conductivity of water or soil can be effectively used to quickly assess the suitability of this irrigation water for use.

Increased mineralization of irrigation water directly affects the concentration of soil solution. If the concentration of soil solution is higher than a certain threshold value, a decrease in productivity occurs. Salt content can be expressed in units of electrical conductivity, which are deci-Siemens per meter ( $dS / m$ ), mi-Siemens per centimeter ( $mS / cm$ ), millimo, etc. ( $1 dS/m = 1 \text{ millimo} = 1 mS/cm = 0.001 \text{ inverse Ohm}$ )[6].

## **E of rhythms electricity conductivity usually conductors using is determined**

Table 1 shows the salt tolerance criteria of plants according to soil and water salinity [1]. The third column of the table shows the ranges of maximum values of electrical conductivity of water-saturated soil ( $EC_{min}$ ), in which yield reduction is not observed.

Table 1. Criteria for salt tolerance of plants according to soil and water salinity

Grouping crops based on salt tolerance	Salinity of soil or water	Moderate salinity in the root zone ( $EC_{min}$ ) dSim/m (deciSiemens / meter)
Sensitive	Very low	< 0.95
Average sensitive	Low	0.95-1.90
Average resistant	It's average	1.90-4.50
Resistant	High	4.50-7.70
Very durable	Very fast	7.70-12.20
Plants alive won't stay	Extreme high	> 12.2

## **Materials and methods**

Salt tolerance depends on many combinations of factors such as plant species, soil and climate characteristics. Table 2 shows the general dependence of species of the main agricultural crops on salt tolerance [1-6]. Correct use of this table requires that we correctly determine the electrical conductivity of water-saturated soil. The procedure for conducting an analysis to determine the electrical conductivity of water-saturated soil is widely described in the literature [5]. It does not require

sophisticated equipment, the main disadvantage of this analysis is the complexity of the theoretical calculation. After obtaining data on the electrical conductivity of water-saturated soil, they are compared with the values of the yield given as a sample in Table 2 in column 3. If the obtained value is less than the one shown in the table, then a decrease in yield due to an increase in the concentration of the soil solution is not expected. Otherwise, using the values shown in column 4, you can estimate the possible decrease in the yield of this crop[6].

Table 2. Effect of electrical conductivity of soil and water on crop productivity

Crops		Water-saturated soil electrical conductivity			Crops to salt endurance features	Threshold values of electrical conductivity of irrigation water for soils with different granulometric composition, $EC_w$ , dS / m		
Common name	Botanical name	Border value $EC_{min}$ , dS /m	<b>HK<sub>table</sub></b> (decrease in productivity) - Corresponds with an increase in salinity one unit, %	$EC_{max}$ , dS /m		light (sandy)	Average (early)	heavy (clay)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Field crops</b>								
Barley	<i>Hordeum vulgare</i>	8.0	5.0	28	Resistant	12.6	7.2	4.2
Cotton	<i>Gossypium hirsutum</i>	7.7	5.2	27	Resistant	12.1	6.9	4.0
Wheat	<i>Triticum aestivum</i>	6.0	7.1	20	Moderately resistant	9.4	5.3	3.1
Hard wheat	<i>Triticum I stood up</i>	5.9(5.7)	3.8		Resistant	9.6	5.5	3.2
Corn	<i>Zea May</i>	1.7	12	10	Moderately sensitive	3.2	1.8	1.1
Rice	<i>Oryza sativa</i>	3.0	12		Sensitive	4.8	2.7	1.6
Sunflower	<i>Helianthus annuus</i>	5.5			Moderately sensitive	7.5	4.3	2.5
Shadow	<i>Glycine max</i>	5.0	20		Moderately resistant	7.0	4.0	2.3
<b>Fodder crops and grasses</b>								
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	2.0	7.3		Moderately sensitive	4.3	2.5	1.4
Bermuda grass	<i>Cynodon dactylon</i>	6.9	6.4		Resistant	10.8	6.1	3.6
Corn silage	<i>Zea mays</i>	1.8	7.4		Moderately sensitive	4.0	2.3	1.3

Fruit								
Pomegranate	<i>Punica granatum</i>	2.7(4.0)		14	Moderately resistant	5.1	2.9	1.7
Orange	<i>Citrus sinensis</i>	1.7	16	8	Sensitive	2.9	1.7	1.0
Lemon	<i>Citrus lemon</i>	1.7(1.0)		8	Sensitive	1.3	0.7	0.4
Apple, pear	<i>Malus sylvestris</i>	1.7(1.0)	21	8	Sensitive	2.0	1.2	0.7
Walnut	<i>Juglans region</i>	1.7		6.5	Sensitive	2.2	1.2	0.7
Peach	<i>Prunus persica</i>	1.6(3.2)	24	6	Sensitive	4.7	2.7	1.6
apricot	<i>Prunus Armenian</i>	1.5(1.6)	9.6	12	Moderately sensitive	2.5	1.4	0.8
Grapes	<i>Vitis sp.</i>	1.5			Sensitive	3.3	1.9	1.1
Cherry	<i>Prunus avium</i>	1.5	19	7	Sensitive			
Plum	<i>Prunus domestica</i>	1.5			Sensitive	2.5	1.4	0.8
currant	<i>Ribes sp.</i>				Sensitive			
Raspberry	<i>Rubus idaeus</i>	1.0	33	4	Sensitive	1.3	0.7	0.4
Vegetable								
Melon	<i>Cucumis Melo</i>	2.2	—	16	Moderately sensitive	4.6	2.6	1.5
Peas	<i>Pisum sativum</i>	2.5	—		Sensitive	3.2	1.8	1.1
Pepper	<i>Capsicum annuum</i>	1.5	14	8.5	Moderately sensitive	2.8	1.6	0.9
Pumpkin	<i>Cucurbita pepo pepo</i>	2.5	—		Moderately sensitive	3.2	1.8	1.1
Pattison	<i>Cucurbita pepo melopepo</i>	3.2	16		Moderately sensitive	4.8	2.7	1.6
Carrot	<i>Daucus carrot</i>	1.0	14.0	8	Sensitive	2.2	1.2	0.7
Potatoes	<i>Solanum tuberosum</i>	1.7	12.0	10	Moderately sensitive	3.2	1.8	1.1
Tomato	<i>Lycopersicon lycopersicum</i>	2.5(2.3)	9.9	12.5	Moderately sensitive	3.5	2.0	1.2
Onion	<i>Allium cepa</i>	1.2	16.0	7.5	Sensitive	2.3	1.3	0.8
Cucumber	<i>Cucumis</i>	2.5	13.0	10	Moderately	4.2	2.4	1.4

r	<i>sativus</i>				sensitive			
Paralysis - grief	<i>Brassica rapa</i>	0.9	9.0		Moderately sensitive	2.5	1.4	0.8
Watermelon	<i>Citrullus lanatus</i>	—	—		Moderately sensitive			
Note: Column 3 shows values from [1] in parentheses, which differ from values shown in [2-4].								

The calculation of the possible decrease in productivity can be done according to the following formula [2]:

$$HK_{\text{is right}} = (EC_{\text{right}} - EC_{\min}) * HK_{\text{table}} \quad (2.1)$$

Here is A **HK<sub>fee</sub>** - actual decrease in productivity, %;

**EC<sub>value</sub>** - electrical conductivity of tested water-saturated soil dS/m (deciemens/meter)

**EC<sub>min</sub>** - limit value of electrical conductivity of soil saturated with water (column 3 of Table 2), dS/m;

**HK<sub>table</sub>** - decrease in productivity with an increase in electrical conductivity by 1 dS/m, %

For drip irrigation, when watering is carried out very often, the soil solution and irrigation water can be assumed to be almost the same. For crops, **RS Ayers** and **DV Westcott** established theoretical maximum conductivity values beyond which plants cannot grow (column 5 in Table 2). To determine the theoretical reduction in yield due to the use of specific irrigation water, the electrical conductivity of water is determined, which is easier than determining the electrical conductivity of water-saturated soil. Next, compare the electrical conductivity of water with the limiting values of electrical conductivity of water-saturated soil (column 3 of Table 2). If the electrical conductivity of the water is low, then it is concluded that the yield reduction due to salinity is not expected. Otherwise, the decrease in yield is determined according to the formula [2]:

$$HK_{haq} = \frac{EC_W - EC_{\min}}{EC_{\max} - EC_{\min}} * 100 \quad (2.2)$$

**EC<sub>W</sub>** - electrical conductivity of irrigation water, dS/m;

**EC<sub>max</sub>** - the maximum theoretical value of the electrical conductivity of water-saturated soil, at which the yield is reduced to 0 (column 5 of Table 2), dS / m.

## Results and discussion

Taking into account the granulometric composition of the soil in terms of electrical conductivity, the suitability of water for irrigation of various crops can be assessed using Table 2. Columns 7, 8, and 9 show the limit values of electrical conductivity of

irrigation water used in light, medium, and heavy soils, respectively. After determining the actual decrease in productivity as a result of the use of controlled irrigation water, a conclusion is made about the feasibility of growing this crop, or another crop is selected that can grow under such conditions without reducing the yield.[1-8]

In general, the following levels are established to evaluate the electrical conductivity of irrigation water, which are listed in Table 3 [1].

Table 3. Classification of irrigation water according to electrical conductivity

Electrical conductivity of water, dS/m	Watering of the waters salinity according to classification (soluble salts level)
< 0.65	Low
0.65-1.3	Medium
1.3-2.9	High
2.9-5.2	Very high
> 5.2	Extramal high

As a result of the gradual salinization of lands, the productivity of agricultural crops is decreasing. Currently, about 50% of the land in Central Asia is affected by salinity. (Table 4) [14].

State	Waterable field (hectares)	To salt encountered	
		( Hectare )	%
Uzbekistan	4,280,600	2 140 550	50.1%
Kyrgyzstan	10 77 100	124,300	11.5%
Tajikistan	719 200	115,000	16.0%
Kazakhstan	2,313,000	>763 290	>33.0%
Turkmenistan	1 744 100	1 672 592	95.9%
Central asia	10,134,000	4,815,732	47.5%

## Conclusions

Taking into account the granulometric composition of the soil in terms of electrical conductivity, as a result of assessing the suitability of water for irrigation of various crops, it is possible to make the following conclusions.

Thus, using the electrical conductivity indicator, the granulometric composition of the soil is known, and after determining the actual decrease in productivity as a result of the use of verified irrigation water, a conclusion is made about the feasibility of

growing this crop, or under such conditions, another crop is chosen that can grow without reducing the yield.

Taking into account the analyzes taken into account above, taking into account that rational and effective use of land resources, in particular, irrigation water, is an urgent issue in our country , in particular, the study of the physical, chemical and biological properties of irrigation water, its impact on crop productivity assessment is one of the main tasks.

## References

1. Irrigation water quality – salinity and soil structure stability [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.derm.gld.gov.au/factsheets/pdf/water/w55.pdf>.
2. National Engineering Handbook. Part 623. Chapter 7. Trickle Irrigation [Electronic resource]. – Access mode: <http://viewer.zoho.com/api/urlview.do?url=http://www.wsi.ncrs.usda.gov/products/W2Q/downloads/Irrigation/ChapterSeven.pdf>.
3. National Engineering Handbook. Part 623. Chapter 2. Irrigation Water Requirements [Electronic resource]. – Access mode: [http://irrigationtoolbox.com/NEH/Part623\\_Irrigation/H\\_210\\_623\\_02.pdf](http://irrigationtoolbox.com/NEH/Part623_Irrigation/H_210_623_02.pdf).
4. Maas, E. V. Testing Crops for Salinity Tolerance [Electronic resource]. – Access mode: [http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/5310-2000/pdf\\_pubs/P1287.pdf](http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/5310-2000/pdf_pubs/P1287.pdf).
5. Soil Survey Laboratory Methods Manual [ Electronic resource ]. – Access mode : [ftp://ftpfc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Lab\\_Methods\\_Manual/SSI\\_R42\\_2004\\_view.pdf](ftp://ftpfc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Lab_Methods_Manual/SSI_R42_2004_view.pdf).
6. LA Voyevodina . "Usage pointers electrical conductivity for otsenki productivity selskoxozyayctvennix kultur" [Using electrical conductivity to assess crop productivity]. Scientific journal of the Russian Research Institute for Land Reclamation Problems, № 1(05), 2012.
7. "Analiz pitevix I prirodnyx vod . Education posobie " [ Analysis of drinking and natural waters. Tutorial ]. – Tomsk: TPU Publishing House.
8. "Vorobiev II Primenenie izmereniya elektroprovodnosti dlya xarakteristiki ximicheskogo sostava prirodnyx vod." [Application of electrical conductivity measurements to characterize the chemical composition of natural waters.] M., Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1963-141 p.
9. Pochkin Yu.N. "Opredelenie elektroprovodnosti vodi pri izucenii solevogo rejima otkritix vodoyomov" [Determination of electrical conductivity of water when studying the salt regime of open reservoirs] // Hygiene and Sanitation. 1967, No. 5.
10. Lurie Yu.Yu. " Anakiticeskaya ximiya promishlennix stocnix vod " [Analytical chemistry of industrial wastewater]. M., Chemistry, 1984.-447 p.
11. " Methodika vopolneniya izmereniy soderjaniya sulfate-ionov titrimetricskim method s solyu bariya ." [Methodology for measuring the content of sulfate ions using the titrimetric method with barium salt]. RD 52.24.58-88.
12. GOST 27384-87 . Water. "Normi pogreshenosti izmereniya show sostava I svoystv " [Measurement error standards are indicative of composition and properties] .

13. BS Pervukhin , VB Yushkova . “ Modernizatsiya method izmereniya udelnoy elektrprovodnosti jidkostey vodi ximiceskix rastvorov ” [Modernization of the method for measuring the specific electrical conductivity of liquids, water and chemical solutions]. Polzunovskiy vestnik No. m4. T1 –2015.–P.95–98.
14. Yukio OKUDA, JIRCAS Hiroshi IKEURA, JIRCAS JUNIA ONISHI, JIRCAS Naoto NITTA. Guidance. “Meri po minimizatsii zasolennosti selskoxozyastvennix zemel pri usloviyax visokix gruntovix vod” [Measures to minimize salinity of agricultural lands under high groundwater conditions]. Published February 2013.
15. Pervukhin , BS Use perexodnix protsessov dlya definition kontaktnix preobtazovateley ”[Use of transient processes to determine contact primary converters] // Polzunovsky almanac. – 2014. – No. 1. – P. 48–50.
16. Pervukhin , BS “ Operedelenie parametrov I kontaktnix pervicnix preobrazavateley konduktometrov ”[ Determination of parameters and contact primary converters of conductometers]//Measuring equipment. – 2008. – No. 3. – P.
17. Uspenskaya, E.V. “Izucenie strukturi vodi na supramolekulyarnom urovne dlya razrabotki novix metodov standartizatsii I kontrolya kacestva mineralnix vod I jidkix lekarctvennix form”. [Study of the structure of water at the supramolecular level for the development of new methods for standardization and quality control of mineral waters and liquid dosage forms] [Text] // Abstract of the dissertation for the scientific degree of Candidate of Chemical Sciences: 15.00.02. – Moscow, 2007
18. Chaplin M. Water structure and Science. [Electronic resource]/ English - Access mode : <http://www.lsbu.ac.uk/water/index2.html>
19. Sarkisov , GN “ Struktirnie modeli vodi "Structural models of water [Text] // UFN, 2006. - T. 176, No. 8, - P. 833-845.
20. Yu. E. Zevatsky, D. V. Samoilov. “Fiziceskaya ximiya. Kislotno-osnovnie ravnovesiya v vodnih rastvorax”. [Physical chemistry. Acid-base equilibria in aqueous solutions. Tutorial]. – St. Petersburg 2018: Printed in the printing house of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “SPbGUPTD”

**UKK. 326.235**

## **ATOM ELEKTR STANSIYALARINING ISHLASH PRINSPI VA XAVFSIZLIK OMILLARI**

**Nurmaxamadov Uchqun Omonboy o`g`li - “O`zMMI” DM Samarqand filiali mutaxassisi, magistr; [uchqunnurmuhammedov@gmail.com](mailto:uchqunnurmuhammedov@gmail.com); 979123558;**

**Annotatsiya.** Bugun sayyoramizda qayta tiklanuvchi muqobil energiya manbalarining bir necha turlari tajribadan o'tkazilyapti. Elektr quvvati olishda geotermal elektrostansiyalardan Markaziy Amerika davlatlari, Filipin va Islandiyada ko'proq foydalanilmoqda. Oqar suvdan foydalanadigan elektrostansiyalarga Fransiya, Buyuk Britaniya, Kanada, Rossiya, Hindiston, Xitoy kabi sanoqli mamlakatlargina ega. Quyosh elektrostansiyalaridan jahonning o'ttizdan ortiq davlati foydalanmoqda. Qayta tiklanuvchi muqobil energiya manbalaridan foydalanish istiqboli uning ekologik tozaligi,

*ekspluatatsiya qiymatining arzonligi bilan bog'liq. Ma'lumki, hozirgi kunda yoqilg'i energetikasi resurslarining asosiy manbaini neft, tabiiy gaz va ko'mir tashkil etadi. Olimlarning hisob-kitobiga qaraganda, aholi sonining muttasil o'sib borishi va sanoatning rivojlanishi inobatga olingani holda Yer yuzidagi neft 40-45 yilga, tabiiy gaz 70-75 yilga, ko'mir esa 165-170 yilga yetishi mumkin. Shu bois muqobil energetika dunyoda innovatsion rivojlanishning muqarrar omiliga aylanib bormoqda.*

**Kalit so'zlar.** Atom elektr stansiyasi, atom reaktori, energiya, zanjir reaksiyasi, uran izotoplari, neytronlar, MAGATE, xavfsizlik, radioaktiv chiqindilar.

**Ключевые слова.** Атомная электростанция, ядерный реактор, энергетика, цепная реакция, изотопы урана, нейтроны, МАГАТЭ, безопасность, радиоактивные отходы.

**Key words.** Nuclear power plant, nuclear reactor, energy, chain reaction, uranium isotopes, neutrons, IAEA, safety, radioactive waste.

**Asosiy qism.** Bugungi kunda ko'plab davlatlarda aholini o'sishi demografik muammolar iqtisodiy va siyosiy munosabatlarda odam resurslarining ortishi va bu insoniyatni ehtiyojini qondirish maqsadida texnologik progresslar zamonaviy dizayndagi mahsulotlarni ko'plab ishlab chiqish dunyoda energetik inqirozni keltirib chiqarmoqda. Juhon energetik inqirozi davrida atom energetikasidan ko'proq foydalanishni taqozo etmoqda, chunki tabiiy manbalardan olinadigan elektr quvvati va issiqlik energiyasi bugungi kunda insoniyat ehtiyojini qondira olmayapdi va resurslar tanqisligi muammolarini yuzaga keltirib chiqardi.

Bu munosabatlar esa atom energetikasining bugungi kunda zudlik bilan kechiktirilmasdan rivojlantirish dolzarbligini kun tartibiga qo'ymoqda. Zamonaviy dunyoning galdeg'i rivojlanishi atom energetikasiga chambarchas bog'liq.

Atom energetikasining rivojlanishi avvalambor bu energetikadan foydalanish huquqini berish bilan bir qatorda turli mas'uliyatli majburiyatlarni ham yuzaga keltiradi, shuningdek, ilmiy tadqiqotlar va yuqori texnologiyali mahsulotlar eksportining o'sishiga yordam beradi va inson faoliyatining boshqa ko'plab ilmiy texnik sohalarini rivojlantiradi. Atom energetikasidan foydalanish turli xil atom energetikasi bo'yicha sinov laboratoriyalari, atom tadiqotlari bo'yicha ekspertiza muassalarining laboratoriyalari kabi qo'shimcha ijtimoiy infrotuzilmalarni yaratilishiga sabab bo'ldi.

### Zanjir reaksiyasi.

Yadro parchalanish jarayonida ma'lum miqdorda neytronlar ajralib chiqadi. Bu hodisa muhim ahamiyatga ega. Neytronni yutgan yadro o'zidan yana ikkita yoki uchta neytronlar chiqarib parchalanadi. O'z navbatida har bir neytron yangi yadroni parchalaydi va yana ma'lum miqdorda neytronlar chiqaradi. Bunday jarayon ko'p takrorlanadi. Shu sababdan bunday jarayon zanjir reaksiyasi deyiladi.

Zanjir reaksiyasida eng muhimi ajralgan energiya emas, ajralgan neytronlardir. Zanjir reaksiyasi yadro energiyasidan amalda foydalanish imkoniyatini yaratadi.

Neytron uran yadrosi bilan to'qnashish jarayonida 200 MeV energiya ajraladi. Natijada 1kg uran yadrosi parchalanish jarayonida 2700 tonna tosh ko'mir yoki 1800 tonna benzin yongandagi ajralgan energiyaga teng.

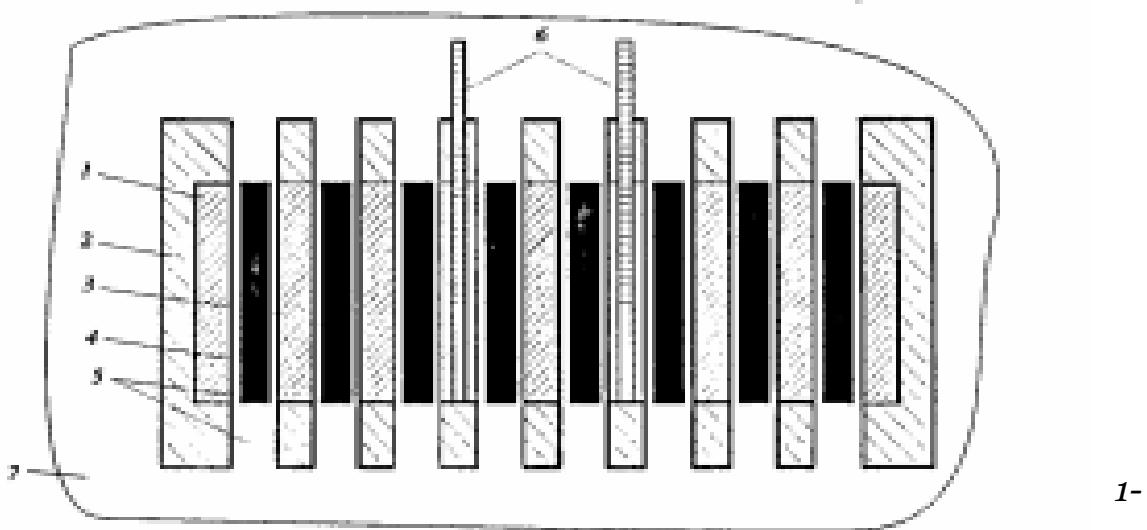
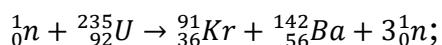
Tabiiy uran massalari 234, 235 va 238 ga teng uchta izotoplar aralashmasidan iborat. Uchta izotoplar radioaktiv xususiyatga ega va katta yarim yemirilish davriga ega.

### **Zanjir reaksiyasini amalga oshirish uchun:**

- 1.Neytronlarni intensiv yutuvchi boshqa aralashmalardan tozalash zarur. Undan tashqari bo`linish jarayonida hosil bo`lgan boshqa mahsulotlardan aktiv zonani o`z vaqtida tozalab turish kerak.
- 2.Tez neytronlarda zanjir reaksiya borishi uchun uran yoqilg`isining tarkibini  $^{235}\text{U}$  izotoplar bilan boyitish zarur. Tajribadan ma'lumki, uran  $^{235}\text{U}$  bilan boyitilganda 5,56% dan boshlab zanjir reaksiya boshlanganligi, amalda 15% dan kam bo`lmasligi kerak.
- 3.Reaksiyani amalga oshirishda rezonans sohada neytronlarni rezonans qamrab olish ( $\text{ng}$ ) jarayoni katta halaqit beradi. Shuning uchun rezonans sohadan tezroq issiq neytronlar sohasiga o`tkazish lozim.

### **Issiq neytronlarda ishlaydigan reaktorlar**

Biz issiq neytronli reaktorlar uchun zanjir reaksiyasini quyidagicha yozishimiz mumkin:



*rasm. Issiq yadro neytronlarda ishlaydigan reaktori sxemasi*

1-aktiv zona, 2- qaytargich, 3-neytronlarni sekinlashtiruvchi bloklar, 4-yoqilg`i kassetalari (TVEL), 5- issiqlik o`tkazuvchi kanallar, 6- neytronlarni yutuvchi sterjenlar, 7- radiatsion xavfsizlikni ta`minlovchi jism.

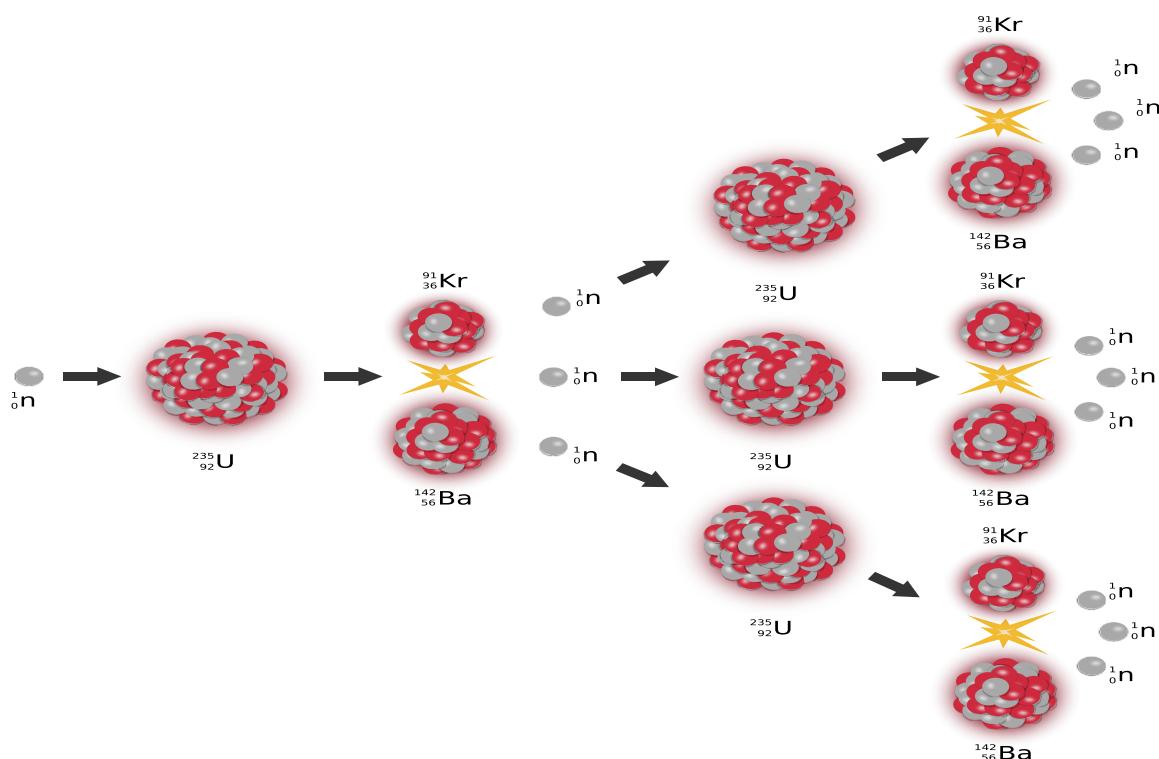
Zanjir reaksiya yetarli massaga ega bo`lganda ro`y beradi. Zanjir reaksiya borishi mumkin bo`lgan sistemaning minimal massasi **kritik massa** deyiladi. Sistemaning (aktiv zonaning) kattaligi esa **kritik kattalik** deyiladi.

Masalan: toza  $^{235}_{92}\text{U}$ dan iborat ellipsoid shaklda bo'lgan sistemaning kritik massasi 47 kg. Shar radiusi  $R=8,5$  sm.

Issiq neytronlarda ishlaydigan reaktorlar uchun neytronlarning ko'payish koeffitsiyenti quyidagicha:

$$k_{\infty} = \eta \rho f \varepsilon$$

kabi yoziladi. Bu yerda  $\varepsilon$ -tez neytronlarning ko'payish koeffitsiyenti.  $\rho f$  –aktiv muhitning sifati.  $\eta$  –yonilg`ining turiga bog`liq.



*2-rasm. Issiq neytronli reaktorlar uchun zanjir reaksiyasi.*

Zanjir yadro reaksiyalarining nazariyasini 1939-yilda N. Bor va J. Uiller (AQSh) yaratgan edilar. Yadro reaktorlarida o`z-o`zini tutib turuvchi va o`z-o`zidan rivojlanuvchi zanjir reaksiyalar faqat  $k_{eff} \geq 1$  shart bajarilgandagina ro'y beradi. Odatda, bo`linuvchi materialning  $k = 1$  dagi miqdori kritik va  $k > 1$  dagi miqdori esa o`ta kritik miqdor deyiladi. Issiq neytronlarda ishlaydigan sistemalarning hajmi ancha katta, bo`linuvchi moddaning kritik miqdori juda kam bo`ladi. Tez neytronlardagi zanjir reaksiyani sof bo`linuvchi moddalar yoki bo`linuvchi va og`ir moddalardan tashkil topgan sistemalarda amalga oshirish mumkin.

Tez neytronlarda ishlovchi o`ziga xos reaktor – **atom bombasidir**. Unda tez boshqarib bo`lmaydigan yadroviy zanjir reaksiyasi yuz beradi va neytronlarning ko'payish koeffitsiyenti haddan tashqari ortib ketadi. Bombadagi yadro yoqilg`isi sifatida  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  va  $^{239}\text{Pu}$  lar ishlataladi. Kritik massa bu holda 10-20 kgn, kritik o'lcham esa 4-6 sm ni, undagi modda zichligi esa  $18,7 \text{ g/sm}^3$  ni tashkil qiladi. Boshlang`ich holatda portlovchi modda tez yadroviy zanjir reaksiyasi ro'y bermaydigan holatda bo`ladi. uni boshqarib bo`lmaydigan yadroviy zanjir reaksiyasi tez ro'y beradigan holatga osongina o'tkaziladi. Ana shu maqsadda bombaning yadri

zaryadi shunday ikki qismiga ajratiladiki, ularning har birida zanjir reaksiyasi ro'y bera olmaydi. Portlash ro'y berishi uchun esa bu zaryadlardan biri bilan ikkinchisi nishonga olinadi va ularning qo'shilishi natijasida juda tez zanjir reaksiya ro'y berib, kuchli portlash yuzaga keladi. Buning natijasida juda katta energiya ajraladi va temperatura ga ko'tariladi. Bunda bosim keskin katta qiymatgacha ortib, kuchli portlovchi to'lqinni yuzaga keltiradi.

### **Yadro reaktori**

Og'ir yadrolarning bo`linishidagi zanjir reaksiyasini nazorat qilib turishi mumkin bo`lgan qurilmalar **yadro reaktori** deb ataladi.

1942-yilda Chikago (AQSh) universitetida E. Fermi boshchiligida zanjir reaksiya asosida ishlaydigan, jahonda birinchi boshqariladigan reaktor qurildi. Bu reaktor orasiga tabiiy uran sharlari va uning ikki oksidi qo`ylgan grafit bloklaridan iborat edi. Uran-235 izotopining bo`linishidan hosil bo`lgan tez neytronlar grafitda sekinlashib, yangi yadro parchalanishini vujudga keltiradi. Bu reaktorda yadro parchalanishi issiq neytronlar ta`sirida bo`lganligidan u **issiq neytronli reaktor** deyiladi.

1946-yilning dekabrida Moskva shahrida I. V. Kurchatov va A. I. Alixanov boshchiligida reaktor ishga tushirildi. Bu reaktorda sekinlashtirgich sifatida grafit, boshqarishda neytronlarni kuchli yutuvchi kadmiy yoki bordan yasalgan sterjenlardan foydalanilgan.

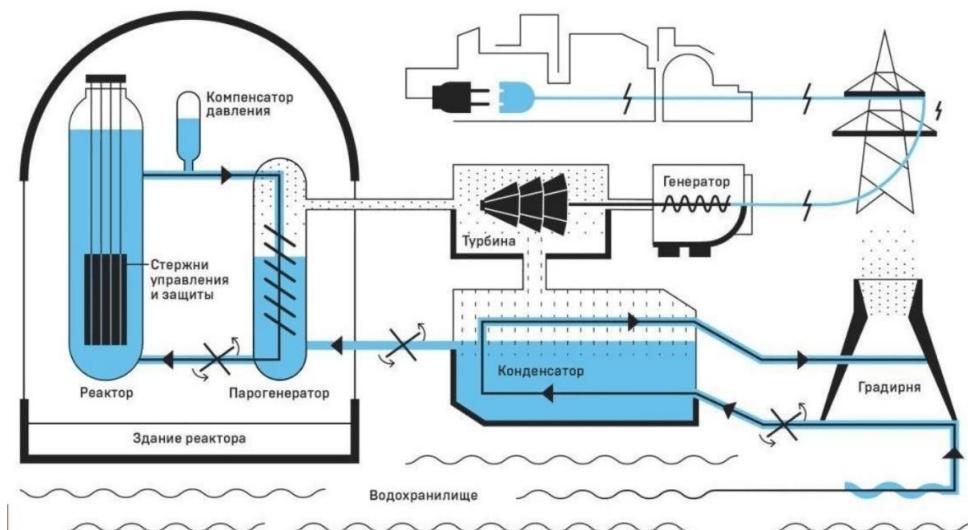


*3-rasm. Enriko Fermi boshchiligida qurilgan reaktor.*

**Endi biz reaktorning asosiy elementlari va ularning vazifalariga to`xtalib o`tamiz:**

Reaktor qurilmasi, kondensator, nasos, bosimkompensatori, bug` generatori, turbina, generator kabi asosiy qismlardan tashkil topgan.

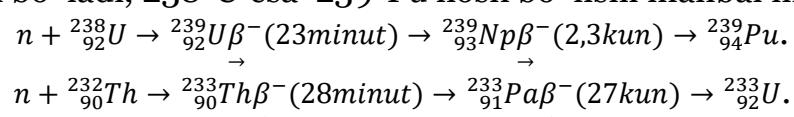
- Reaktor qurilmasi – aktiv zona va tashqi tomondany-nurlarini va neytronlarni ushlab qoluvchi himoya qobig`I bilan o`raglan bo`ladi. Bu qobiq temir betondan ishlangan.
- Kondensator- reaktorda suv aylanishini ta`minlab turadi. Issiq suvni sovutishda xizmat qiladi.
- Nasoslar – suv manbai (daryo, kanal)dan kelayotgan suvni kondensatorga yetkazib beradi. Kondensatordagi suvni esa bug` generatoriga yetkazib beradi.
- Bosim kompensatori – bosimni bir xilda kompensatsiyalab turadi
- Bug` generatori- reaktordan chiqayotgan bug` ni turbinaga uzatadi.
- Turbina – bug` generatoridan kelayotgan yuqori bosimli bug` orqali harakatga keladi.
- Generator – turbina harakati sababli generator ishga tushadi va elektr energiyasi ajraladi.



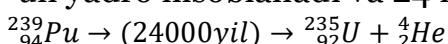
4-rasm. AESning ishlash sxemasi.

### Tez neytronlarda ishlovchi reaktorlar.

Tez neytronli reaktorlarga yoqilg`i sifatida  $^{238}\text{U}$  ( $^{232}\text{Th}$ ) kam miqdorda  $^{239}\text{Pu}$ ( $^{233}\text{U}$ ) aralashmasi joylashtiriladi. Reaktorda ajralgan energiya  $^{239}\text{Pu}$  bo`linishidan hosil bo`ladi,  $^{238}\text{U}$  esa  $^{239}\text{Pu}$  hosil bo`lishi manbai hisoblanadi.



Plutoni yadrosi turg`un yadro hisoblanadi va 24 ming yilda parchalanadi:



Tez neytronlarda ishlaydigan reaktorlar alohida xususiyatga ega.

1) Yoqilg`ini yuqori aniqlikkacha tozalash talab etilmaydi. Aralashmalarda tez neytronlar kam yutiladi.

2) Yoqilg`i kuchli konsentrangan, y a`ni uran bilan boyitilgan bo`lishi kerak.  
3) Tez neytronlarning effektiv kesimi kichik bo`lgani uchun yoqilg`ini issiq neytronli reaktorlardagidan ko`proq olish talab etiladi.

4) Bu reaktorlar uchun sekinlatgich talab etilmaydi. Aktiv zonaning o`lchami juda kichik, energiya ajralish zichligi yuqori  $0,5 \text{ kW/sm}^3$  gacha yetadi.

- 5) Issiqlikni olib ketuvchi modda neytronlarni sekinlatmasligi kerak. Shu maqsadda suyuq natriy foydalaniladi.
- 6) Tez neytronlar moddalarda yutilish ehtimolligi kichik bo`lgani uchun reaktorni boshqarishda yutuvchi sterjenlardan foydalanib bo`lmaydi. Tez neytronli reaktorlarni boshqarish aktiv zona va neytronlar qaytargich oralarini yaqinlashtirish, uzoqlashtirish bilan olib boriladi. Tez neytronli reaktorlarni boshqarish murakkab. Lekin shunga qaramay ulardan kelajakda keng foydalanish mumkin. Chunki sekin neytronli reaktorlar uchun zarur bo`lgan  $^{238}\text{U}$  va  $^{232}\text{Th}$  element yadrolari tomonidan radiatsion yutilish natijasida yadroviy yoqilg`i sifatida ishlatish mumkin bo`lgan yangi  $^{239}\text{Pu}$  va  $^{233}\text{U}$  izotoplari hosil bo`ladi. Bunday reaktorlarga **ko`paytiruvchi reaktorlar** yoki **briderlar** deyiladi.

### **AESlardan foydalanishdagi xavfsizlik omillari va kamchiliklar.**

Zamonaviy AESlarning yuqori darajadagi xavfsizligi ko`plab omillar bilan ta`minlangan. Muhimi , reaktor o`z – o`zini himoya qilish prinsipi, bir necha xavfsizlik to`siqlari mavjudligi bilan ta`minlangan.

Agar biz AESlardan ko`rsatilgan xavfsizlik normalariga amal qilmasdan foydalansak turli darajadagi xavf-xatarlar yuz berishi mumkin. Ayniqsa, 1986 yil aprel oyida Chernobel AESidagi (Ukraina) dahshatli falokatdan so'ng dunyodagi barcha atom stansiyalari holati atom energiyasidan foydalanish bo'yicha xalqaro tashkilot - MAGATEning vakillari tomonidan nazorat qilinadi.

Atom energiyasi zavodlari yana qanday ishonchli va xavfsiz bo'lishi mumkin?

Har qanday atom elektr stantsiyasini qurish jarayonida eng mas'uliyatlisi - muayyan joy tanlash. Joylashuvi bo'yicha jahon talablariga muvofiq AES qurilishi kerak bo`lgan tuproqning tarkibi, zilzila ehtimoli, reaktorlarnisovutish uchun etarli bo`lgan suv manbalarining mavjudligi, katta turar-joylarning yaqinligi va maksimal o'simlik xavfsizligini ta'minlovchi va yana boshqa omillar hisobga olinishi kerak.

Shunga qaramay, Chernobil stantsiyasidagi avariya va Rossiyada va dunyoning boshqa mamlakatlarida sodir bo`lgan jiddiy baxtsiz hodisalar natijasida atom energiyasidan tinch maqsadlarda foydalanish xavfsizligiga shubha uyg'otdi.

Stantsiyalarni himoya qilish tizimlarining qanchalik yaxshilanishiga qaramasdan, odamlarni baxtsiz hodisalar ro'y berishi mumkin emasligiga ishontirish qiyin. Atom elektrostansiyasida sodir bo'ladigan falokat ehtimolligi yadro energiyasining eng katta xavfidir.

Yadro

reaktorini biz tuzilishi jihatidan tavsiflaydigan bo`lsak,

- Yadro reaktorining balandligi o`rtacha – 11 metr.
- Uning tashqi diametri – 5,7 metr
- Ichki diametri – 4,7 metr.
- Og`irligi – 10 000 kg.
- Temir qalinligi 0,5 metr ekanligi kelib chiqayapdi.
- Reaktor qopqog`ini berkitganda aniqlik - 0,000001 metr.

- Yaroqlilik muddati o`rtacha – 50 yil
- Reaktor hajmi – 120 m<sup>3</sup>.

Hozirgi kundagi zamonaviy xavfsizlik tizimlari orqali AESlar quyidagi

- 30 kPa bosim hosil qiluvchi zarba to`lqini;
- og'irligi 20 tonna bo`lgan samolyot 200 m/s (720 km/soat) tezlikda qulaganda;
- shamol tezligi 56 m/s gacha bo`lgan bo'ron va tornado;
- suv toshqini;
- 8 ballgacha bo`lgan zilzila kabi tabiiy ofatlarga bardosh bera oladi.

Atom energiyasining yana bir xavfi **radioaktiv chiqindilar**.

Yadro energetikasida yadro reaksiyasidan keying qoldiqni biz **radioaktiv chiqindi** deb ataymiz. Radiaktiv chiqindi bir necha ming yillargacha o`zining radioaktiv xususiyatni yo`qotmaydi. Ushbu chiqindilar odatda bir necha yuz metr chuqurlikda tayyorlangan maxsus beton bilan qoplangan “o`ra”ga ko`mib yuboriladi.

Hozirda tarqalgan radioaktiv chiqindilarni yo'qotish usullaridan biri dengiz va okeanlardagi konteynerlarni cho`ktirish hisoblanadi.

Tabiiy radioaktiv elementlar dengiz suvida eriydi va ularning tarkibidagi nisbatan kichik o'sish ko'p xavfli bo'lmasligi mumkin. Bundan tashqari, dengiz suvida ko'p miqdorda uran mavjud. Biroq, yangi, sun'iy ravishda yaratilgan radioaktiv elementlar, ayniqsa plutoni, okean va dengizga tushadigan bo'lsa, bu yana boshqa narsa. Bu tabiatda topilmagan element emas, balki supertoksik, zaharli moddalardir. Misol uchun, inson uchun faqatgina 0.0001 g plutoni dozasi insonni o`ldiradi ! Bu xavf, ayniqsa, yadro ishlab chiqarishga ega bo`lgan davlatlarni suv ostida, ayniqsa 3 ming metrdan kamroq chuqurlikda ko'mishdan ehtiyyot bo'lishga majbur qiladi.

## Xulosa

Yillar o`tishi bilan dunyo hamjamiyati energetika sanoatida AESlarning afzal jihatlarini anglab yetmoqda. Xalqaro atom energiyasi agentligi (MAGATE)ning ma`lum qilishicha 2025-yil yanvar oyidagi ma`lumotlarga ko`ra bugungi kunda jahoning 31 mamlakatida 440 energoblokka ega bo`lgan AESlar ishlab turibdi. Yadro reaktorlari soni bo`yicha AQSh (94ta) yetakchilik qilmoqda. Fransiyada 56 ta yadro reaktori bo`lib, ular mamlakatning elektr energiyasiga bo`lgan ehtiyojning 70% ni qoplaydi. Shuningdek, Xitoy (56 ta), Rossiya (36 ta), Janubiy Koreya (26 ta) singari davlatlar ham yadro reaktorlari soni bo`yicha yetakchilar sonidan o`rin olgan. Ushbu reaktorlar dunyodagi energiyaga bo`lgan talabning 10 % qismini qoplab bermoqda. O`zbekistonda ham elektr energiyasiga bo`lgan talabning oshishi sababli AES qurilishi dolzarb masala bo`lib qolmoqda.

## Foydalaniman adabiyotlar.

1. <https://world-nuclear.org/information-library>
2. wikipedia.org
3. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. T.M.Mominov, A.B.Xoliquulov, Sh.X.Xushmurodov, Toshkent-2009;

4. <https://un-sci.com/ru/2021/08/11/ustrojstvo-aes/>

5. Основные принципы безопасности атомных электростанций 75-INSAG-3 Rev.1 INSAG-12. ДОКЛАД МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНСУЛЬТАТИВНОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**УДК: 621.548:004.942:519.876**

## **DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR OPTIMIZATION OF THE OPERATION OF A WIND POWER STATION**

**Adylov Yalkin Tuychievich** – Scientific Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"; Department of "Electrical Engineering and Mechatronics", PhD, Associate Professor

**Axmurzayeva Zuxra Rustamovna** – Scientific Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"; Department of "Electrical Engineering and Mechatronics", 1nd year master's student

**Mavlonova Mashhura Tohir qizi** – Scientific Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"; Department of "Electrical Engineering and Mechatronics", 1nd year master's student

### **Annotation**

The intermittency of wind energy systems and interruptions in energy production require the development of hybrid systems to improve their efficiency. Hybrid systems can be effective in ensuring the continuity of wind energy, enhancing grid stability, and reducing costs. This paper analyzes the interaction of wind energy systems with other energy sources and evaluates energy production efficiency. The operational scenarios of the system are studied using a mathematical model.

Keywords: WGS, Gear-Box, wind flow, Betz power coefficient, DFIG system.

### **Annotatsiya**

Shamol energiyasi tizimlarining intermitentligi va energiya ishlab chiqarishdagi uzilishlar samaradorlikni oshirish uchun gibrid tizimlar yaratishni talab qiladi. Gibrid tizimlar shamol energiyasining uzluksizligini ta'minlash, tarmoq barqarorligini yaxshilash va xarajatlarni kamaytirishda samarali bo'lishi mumkin. Ushbu maqola shamol energiyasi tizimlarining boshqa energiya manbalari bilan

o'zaro ta'sirini va energiya ishlab chiqarish samaradorligini baholaydi. Tizimning ishlash variantlari matematik model yordamida o'rganilgan. Kalit so'zlar: WGS, Gear-Box, shamol oqimi, Betz quvvat koefitsienti, DFIG tizimi.

## Аннотация

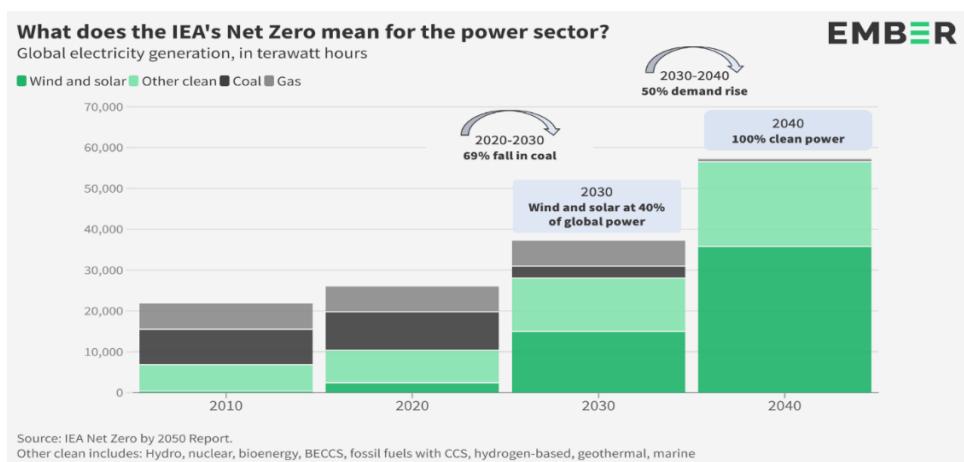
Прерывистость работы систем ветровой энергетики и перебои в производстве энергии требуют разработки гибридных систем для повышения их эффективности. Гибридные системы могут быть эффективными для обеспечения непрерывности ветровой энергии, улучшения стабильности сети и снижения затрат. В данной статье анализируется взаимодействие систем ветровой энергетики с другими источниками энергии и оценивается эффективность производства энергии. Рабочие сценарии системы изучаются с использованием математической модели. Ключевые слова: WGS, Gear-Box, поток ветра, коэффициент мощности Беца, система DFIG.

## Introduction

Uzbekistan is placing significant focus on developing wind energy, considering the global trends that are increasing the demand for renewable energy sources. The country's geographical location and climate provide favorable conditions for efficiently utilizing wind energy. The Energy Development Plan for 2020-2030 highlights the development of wind energy as one of its key priorities.

The development of wind power plants in Uzbekistan plays a crucial role in ensuring the stability of the energy system, reducing interruptions in energy production, and lowering carbon emissions. It also helps reduce dependence on coal and gas, contributing to economic stability.

To fully realize the potential of wind energy, technological innovations such as advanced inverters and energy storage systems, as well as efficient grid management and energy storage strategies, are essential.



**Fig 1.** Map series shows electricity generation from renewable energy sources in billion kilowatt-hours

Map shows each country's total electricity generation from all renewable energy sources averaged over the years 2006-2010. Figure 2 illustrates the remarkable evolution of global renewable energy adoption from 2010 to 2020, highlighting the key role that renewable energy has played in changing the energy mix. The growth of renewable energy capacity over the years was 1,240 TWh in 2010, and the capacity has been steadily increasing, reaching 2,960 TWh in 2020. This remarkable growth reflects a global shift towards cleaner and more sustainable energy sources, driven by factors including technological advances, environmental concerns and supportive policies.

## Wind Power Generators

The number of wind power systems increased by 25-30% per year between 1994 and 2000. This makes wind power the fastest growing energy source. In 2000, the total wind power production worldwide was 38,000 GWh, and by the end of the year, the total installed capacity was 17,500 MW. The growth is due to the rapid development of new technologies, where new ideas for power generation systems have been implemented, the size of wind farms has increased, the environmental impact has decreased, and the cost per kWh produced has decreased significantly. One of the important drivers of the rapid growth is also the growing concern for the environment. To be able to develop this type of system, it is necessary to combine knowledge from several fields, such as meteorology, aerodynamics, mechanics, electrical engineering and power systems. Wind power generation means producing electricity by converting wind energy into rotational energy in blades and converting that rotational energy into electrical energy in a generator. Wind energy increases with the cube of wind speed, so wind turbines should be installed in areas with higher wind speeds.

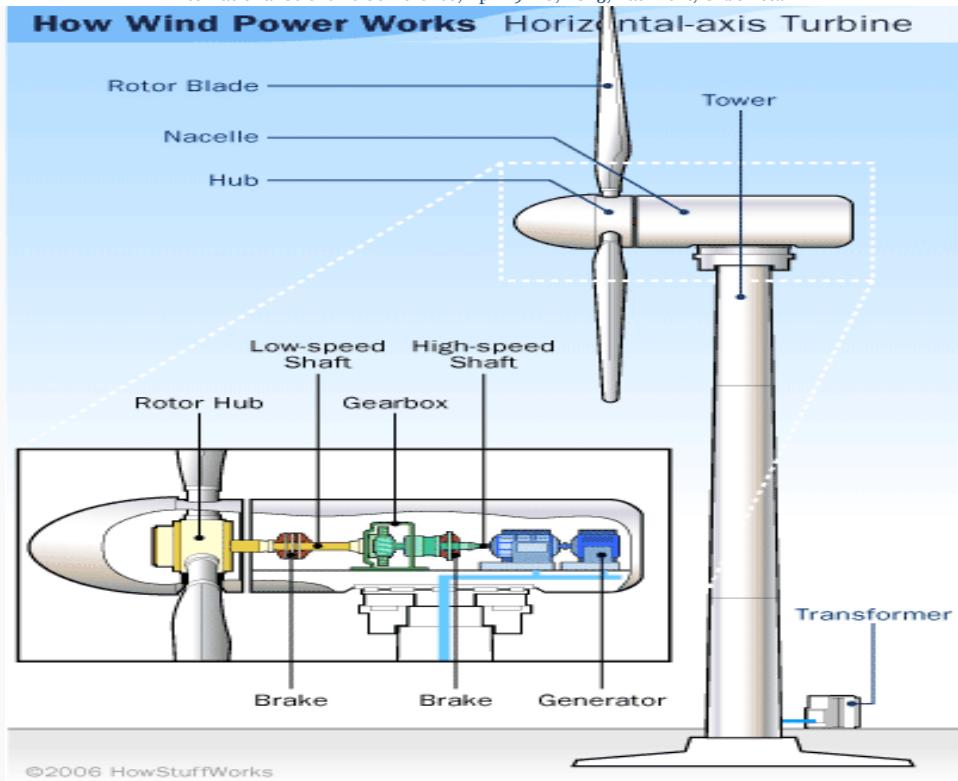


Fig 3 Parts of a Wind Turbine

Since electric machines and drives are the main components of wind turbines, it is an urgent need for researchers and engineers to develop advanced electric machines and drives for wind energy. The main characteristics of electric machines and drives, including their advantages and disadvantages, such as torque/power density, efficiency, and cost, are compared and summarized.

## Main Part

### High-Power Wind-Energy-Conversion Systems

In this section, we will discuss back-to-back connected converters. The architecture will be examined for high-power wind-energy-conversion systems (WECS) in the low-voltage category. The power converter must have high power density to achieve small footprint and weight. This is an important requirement especially for offshore wind turbines. Low-voltage (LV) converters (690 and 575 V):

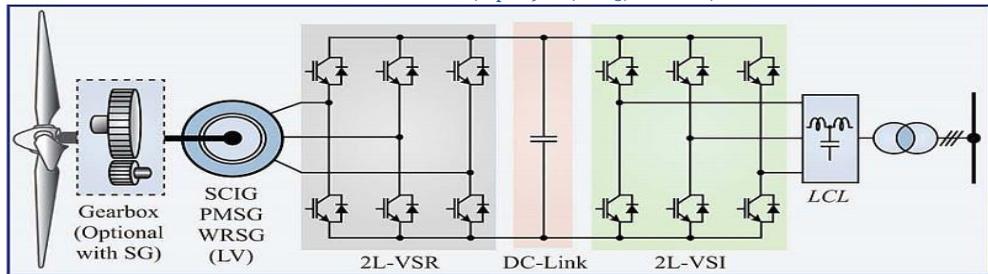


Fig 3 Parallel BTB 2L-VSC with common dc-link .

This architecture is for power ratings greater than 0.75 MW in Type 4 turbines (2.5 MW in Type 3 turbines). The current-carrying capability may be increased by connecting the three-phase VSC converters, along with harmonic filters, in parallel.

### Wind flow model

The wind speed  $V$  at a height  $h$  is determined by a logarithmic or power-law profile:  
Power law (dependence of speed on height):

$$v(h) = v_{ref} (h / h_{ref})^\alpha \quad (1)$$

where:

$v_{ref}$  is the wind speed at the height  $h_{ref}$ ,

$\alpha$  is the terrain roughness coefficient (usually 0.1–0.4).

### Wind turbine power model

The power extracted from the wind is determined by the equation:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p P_w \quad (2)$$

where:

$\rho$  is the air density (about 1.225 kg/m<sup>3</sup> under normal conditions),

$A = \pi R^2$  is the area covered by the turbine blades (with a rotor radius of  $R$ ),  $V$  is the wind speed,  $C_p$  is the power factor (maximum 0.593 according to Betz's law, in practice 0.4–0.5). The impeller slows down the wind speed from  $v_1$  (wind speed at the entrance to the rotor blades) to  $v_2$  (wind speed at the exit from the rotor blades). Assuming constant pressure and therefore constant air density, the air mass flow after and before the turbine is the same

$$v = \frac{(v_1 + v_2)}{2} \quad (3)$$

Mechanical power extracted or extracted from the wind after the wind passes through the turbine

$$P_r = 0.5 * \rho * A * (v_1 + v_2) * (v_1^2 - v_2^2) \quad (4)$$

Therefore, the power coefficient, which is the ratio between  $P_T$  and  $P$ , is  $C_P$  or the rotor coefficient

$$C_p = \frac{P_r}{P} = 0.5 * \left(1 - \frac{v_2^2}{v_1^2}\right) * \left(1 + \frac{v_2}{v_1}\right) \quad (5)$$

This represents a fraction of the wind energy released by the rotor blades. It can be shown when  $C_p$  is the maximum value

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{3} \quad (6)$$

this is the ideal wind speed ratio. In this case, the maximum power factor

$$C_p \approx 0.593$$

This is often called the Betz power coefficient, which means that in theory about 60% of the wind energy is captured by the turbine if it reduces the air flow speed to one-third of its original speed. However, practical wind turbines use 0.4 for modern high-speed turbines to 0.5 and has a power factor of 0.2 to 0.4 for low-speed turbines with a large number of blades.

The efficiency of a wind turbine is the ratio of the input power to the ideal net power. A generic model of a wind turbine, available from MATLAB/Simulink, is used in this study in order to assess the operation of a hybrid power plant when the gas turbine is coupled to a wind farm. The wind turbine's performance is governed by pitch angle  $\beta$ , wind speed  $V_{wind}$  and wind turbine speed  $N_{wt}$ . These are commonly represented in a performance map, as seen in Figure 5.

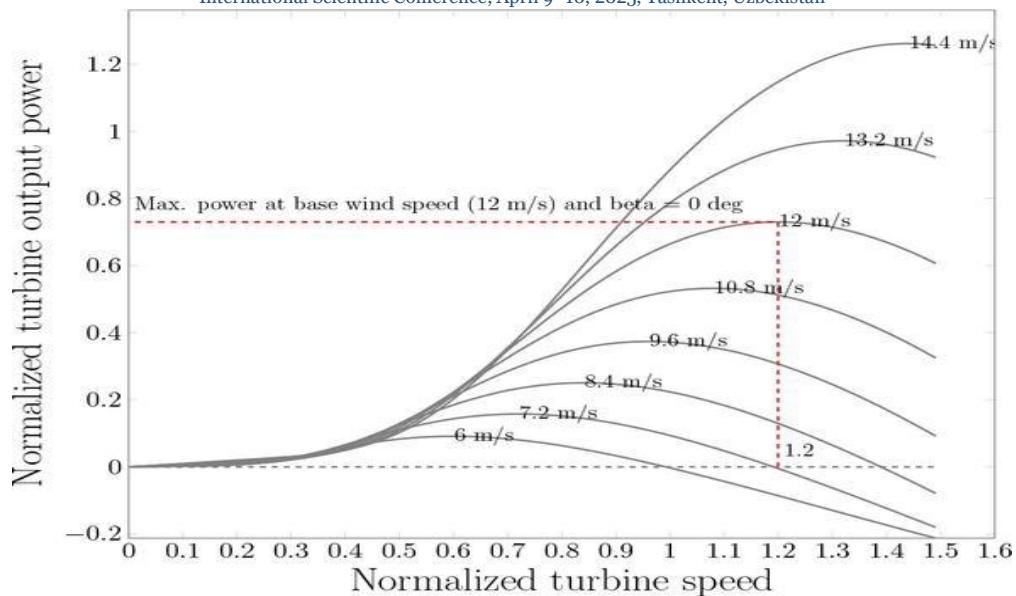


Fig 5 Performance map of Wind turbine mathematical model

## Conclusion

This paper presents a mathematical model of a wind turbine that aims to capture the nonlinear behavior of modern wind turbines. The model is built in MATLAB/Simulink. The system model combines an iterative approach with a constant mass flow rate under steady-state conditions to initialize the state parameters in a dynamic model that uses the intercomponent volume method. The dynamic response of the model was evaluated for a wind farm consisting of 7 wind turbines. The result of this analysis shows the fast transient trajectories that the power system faces due to variable wind speed and fluctuating energy demand. In addition, the behavior of the power system highlighted the need for transient modeling since several operational issues need to be addressed to maintain stability in the grid.

## References

1. Ahmad M. *Wind Energy. Operation and Control of Renewable Energy Systems.* John Wiley & Sons, Ltd; 2017: 153-177.
- 2 Samokhvalov DV, Jaber AI, Fillippov DM, et al. Research of maximum power point tracking control for wind generator. 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2020: 1301-1305.
- 3 Chaicharoenaudomrung K, Areerak K, Areerak K, et al. Maximum power point tracking for stand-alone wind energy conversion system using FLC-P&O method. *IEEJ Trans Electr Electr Eng.* 2020; **15**: 1723-1733.

4. Abdullah MA, Yatim AHM, Tan CW, Saidur R. A review of maximum power point tracking algorithms for wind energy systems. *Renew Sustain Energy Rev.* 2012; **16**(5): 3220-3227.
5. Linus RM, Damodharan P. Maximum power point tracking method using a modified perturb and observe algorithm for grid connected wind energy conversion systems. *IET Renew Power Gen.* 2015; **9**(6): 682-689.
6. Ahmed B, Nurul H, Yusoff SH, et al. Paper review: maximum power point tracking for wind energy conversion system. 2020 2nd International Conference on Electrical, Control and Instrumentation Engineering (ICECIE). 2020: 1-6.
7. Ye H. *Control Technique for Wind Generation System*. China Machine Press; 2015.
8. Keramat Siavash N, Najafi G, Tavakkoli Hashjin T, Ghobadian B, Mahmoodi E. Mathematical modeling of a horizontal axis shrouded wind turbine. *Renew Energy*. 2020; **146**: 856-866.
9. Bontempo R, Carandente R, Manna M. A design of experiment approach as applied to the analysis of diffuser-augmented wind turbines. *Energy Convers Manage.* 2021; **235**:113924.
10. González-Hernández JG, Salas-Cabrera R. Maximum power coefficient analysis in wind energy conversion systems: questioning, findings, and new perspective. *Math Prob Eng.* 2021; **2021**: 9932841-9932847

**UUK: 528.482**

## **ELECTROTECHNICAL METHODS FOR SAFE SNOW AND ICE REMOVAL FROM BUILDINGS**

**Aktam Denmukhammadiev** - "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, 100000 Tashkent, Uzbekistan

**Oybek Matchonov** - "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, 100000 Tashkent, Uzbekistan

**Ikram Davletov** - Urgench State University, 220100, Urgench Uzbekistan.

**Zhanserikkyzy Aknur** - Korkyt Ata Kyzylorda University, Republic of Kazakhstan

**Tengelov Sanjar**- "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, 100000 Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The article investigates the dynamics of snow and ice mass displacement from building roofs. A mathematical model is derived to define ground-level safety zones as a function of building height, roof slope angle, friction coefficient (determined by the roofing material), and roof slope length. Furthermore, the study explores the application of strain gauges for determining

*the critical mass of icicles accumulating along the lower edges of roof overhangs and presents a method for their safe removal using an energy-efficient, low-power step-down transformer.*

**Keywords:** safety zone, friction coefficient, building roofs, roofing material, snow and ice masses, strain gauges.

## INTRODUCTION

During the entire period of operation of buildings, they are affected by various external and internal factors. The authors of the article examined these effects in detail and proposed an electrical circuit for uninterrupted power supply of such buildings[1].

The northernmost countries are Russia, Canada, the Northern part of the United States of America, Finland, etc. And the formation of snow-ice masses from the roofs of buildings and the fight for their safe removal is relevant today[2].

The dynamics of heterogeneous structures - a solid body (roof), a discrete medium (snow) with phase transitions at the boundary - plays an important role in both natural and artificial systems.

Statistics show that every winter in Moscow alone, about 50 people and up to 300 cars suffer from icicles and pieces of ice falling from roofs, which leads to compensation payments to victims, as well as administrative and criminal liability. Ice accumulation on the roof of a house increases the mechanical load on the elements of the roof structure; melt water retention due to ice-clogged gutters leads to damage to the upper residential floors and facade elements.

The fight against roof icing has been going on for a long time [3]. For a long time, in the conditions of a changeable northern climate with icing, houses with steep pitched roofs were built. If the roof slope angle (depending on its roughness) is more than  $40\text{--}60^\circ$ , then during snowfall, snow cover usually does not form on them and the probability of icicles appearing on the edge of the eaves is very small. The simpler the shape of the roof and the greater the slope of its slopes, the less is the risk of icing of the roof covering. Experts believe that the best way to remove snow in the conditions of central Russia is to have a simple pitched roof with a slope of at least  $30^\circ$ , which, when the mass of snow passes into a certain critical state, together with slight thawing, periodically ensures the removal of snow.

Kommersant.ru cites three reasons for the lack of demand for solar energy [4]. These include the following: high cost of solar power plants; relatively low cost of electricity generated by old methods; weak interaction between government agencies, small businesses and end users of solar energy. An analysis of the above reasons gives grounds to make some refutations of the reasons given. Firstly, with the increase in the number of solar power plant manufacturers, their cost price decreases and the quality of solar electric panels improves due to competition. Secondly, the production of electricity by traditional methods on outdated equipment will contribute to an increase in their operating costs. On the other hand, outdated thermal power plants are sources of environmental pollution in the region, and their efficiency is no more than 40%. Thirdly, with the adoption of a new legislative framework for the use of alternative energy sources, a favorable environment for the

use of solar power plants will be created. The use of solar power plants in the construction of Smart towns and settlements is becoming relevant.

In construction, roofing sheet steel is used to cover the roofs of unique buildings, major repairs, as well as to cover architectural projections on building facades, various overhangs and cornices. Galvanized steel sheets are mainly used for the installation of metal roofs [5].

## METHOD OF RESEARCH

The researchers came to the following conclusions: to determine dangerous avalanche zones, it is necessary to study the movement of snow and ice masses on roofs (air resistance will not be taken into account when studying this movement) [6]. The movement of the snow and ice mass will consist of two sections: – rectilinear motion of  $AB$  on the roof under the action of gravity  $m\bar{g}$ , friction forces  $\bar{F}_{fric.f.}$  and normal reaction  $\bar{N}$ ;  $BC$  – free flight on the aircraft section under the action of gravity (Figure 1.).[6]

Let us consider the movement of the mass on the section  $AB$  and compose a differential equation of its motion [6]

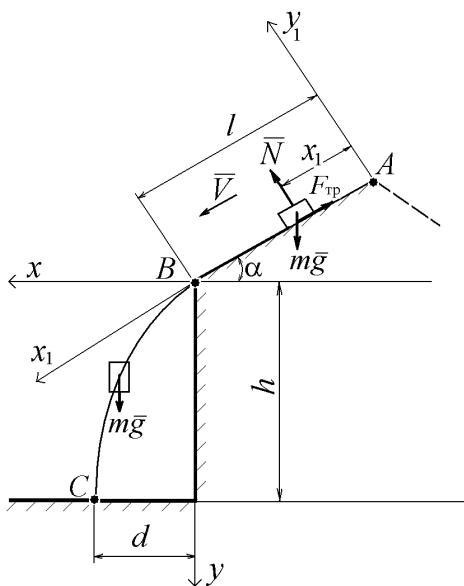
$$m\bar{x}_1 = \sum \bar{F}_i x_1 = m\bar{g} \cdot \sin\alpha - \bar{F}_{fric.f.}$$

$$m\bar{y}_1 = \sum \bar{F}_i y_1 = \bar{N} - m\bar{g} \cdot \cos\alpha,$$

here  $\alpha$  – angle of inclination of the plane. Because  $\bar{y} = 0$ , to  $\bar{N} = m\bar{g} \cdot \cos\alpha$  and the force of friction  $\bar{F}_{fric.f.} = f\bar{N} = f \cdot m\bar{g} \cdot \cos\alpha$ , here  $f$  – coefficient of friction during movement. Then  $\bar{x}_1 = \bar{g}(\sin\alpha - f \cdot \cos\alpha)$ . Integrating this differential equation twice yields:

$$x_1 = \bar{g}(\sin\alpha - f \cdot \cos\alpha)t + C_1 x_1 = \bar{g}(\sin\alpha - f \cdot \cos\alpha) \frac{t^2}{2}$$

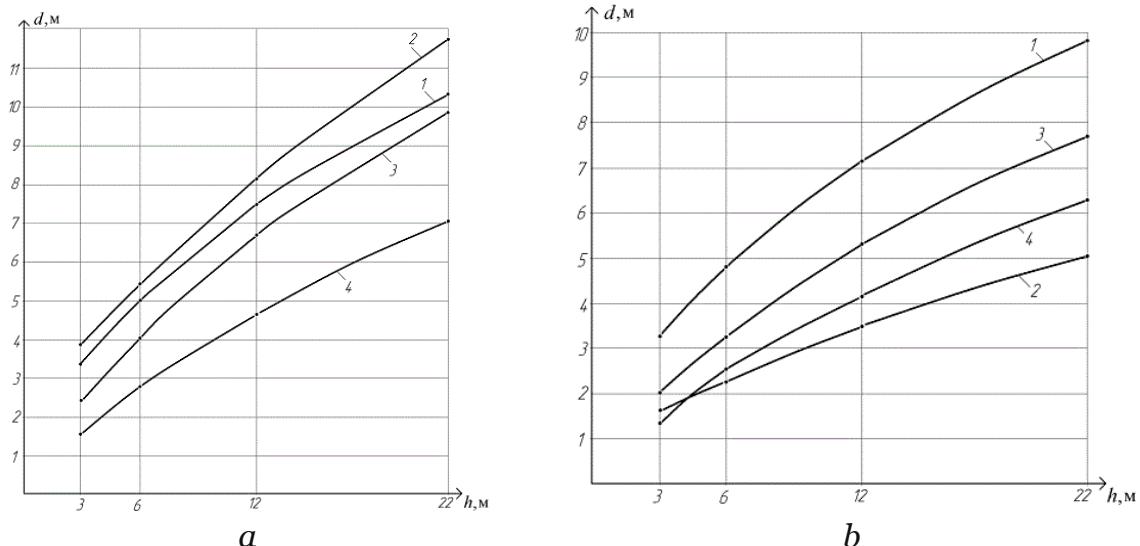
Figure 1 shows the results of a systematic numerical analysis of the dynamics of various roof-ice type structures.



**Figure 1.** Scheme of movement of snow and ice mass along the roof slope

The calculation results showed that for different roofing materials ( $f = 0,01 \dots 0,5$ ), building height  $h = 3, 6, 12, 22$  m, roof length  $l=3, 6$  m, the optimal roof slope angle is  $\alpha = 30^\circ$ . The higher the friction coefficient  $f$ , the smaller the dangerous zone of descent  $d$  of snow and ice masses. For  $f=0.01 d=11.70$  m;  $f=0.5 d=5.03$  m.

Figure 2 shows graphs for  $f = 0.01$  (metal roof) and  $f = 0.5$  (roofing felt).



**Figure 2.** Graphs of the dependence of the danger zone  $d$  on the height of the building  $h$  for different roof slope angles made of different materials:

$a - f = 0,01$  (metal);  $b - f = 0,5$  (roofing felt);

1 – for the roof slope angle  $= 15^\circ$ , 2 –  $= 30^\circ$ , 3 –  $= 45^\circ$ , 4 –  $= 60^\circ$

The following methods are most often used to clean the roof from formed icicles: on your own, mechanically knocking off the ice build-up. This can be used in a private low-rise house, but full compliance with safety regulations is required. A long pole is used; in higher buildings, you should contact organizations that remove ice build-up. Industrial climbers will perform the necessary work to clean the roof of any height; using modern equipment that will allow you to do the work remotely. These are laser and ultrasonic devices, as well as laying a heating cable along the perimeter of the roof. The listed options will allow you to quickly remove icicles on the roof, ensuring the safety and beauty of buildings in winter.



**Figure 3. Formation of icicles**



**Figure 4. Mechanical removal of snow from the roof of the house**

## RESEARCH RESULTS

The possibility of solar radiation falling on the earth's surface can be modeled using geographic information systems (GIS) seasonal and spatial changes in the balance of solar radiation in Uzbekistan, taking into account the potential of the natural and climatic conditions of each territory. For this, the following formula was used [7]

$$R_S(t) = R_D(t) + R_{Dif}(t) + R_O(t) \quad (1)$$

her  $R_S(t)$  – Total solar radiation value;

e:  $R_D(t)$  – Direct solar radiation value;

$R_{Dif}(t)$  – The Importance of Solar Radiation Diffusion;

$R_O(t)$  – radiation from the earth's surface.

If, for example, taking into account that the efficiency of the installed solar photovoltaic modules based on polycrystalline silicon is  $\eta_{sfve} = 14\%$ , as a result we have the ability to calculate the surface of solar photovoltaic modules with a consumer power of  $P_{consum.} = 200Vt$ .

$$S_{sfve} = \frac{P_{consum.}}{\eta_{sfve} \cdot E_{met}^y} = \frac{200}{0,14 \cdot 395,3} = 3,61 \approx 4m^2 \quad (2)$$

We can determine the minimum amount of thermal energy consumed when ice melts. We can also calculate the electrical energy corresponding to this energy.

As is known, electrical energy is the active power consumed multiplied by time.

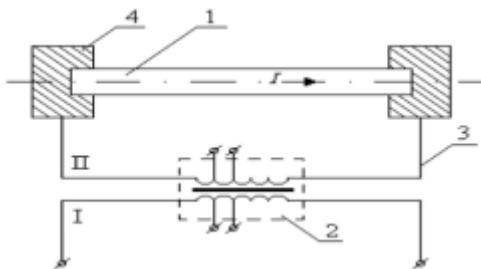
$W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t [J]$

Here: P - active power [ $W$ ], U - voltage [ $V$ ], I - current [ $A$ ], t - time [ $s$ ].

On cold winter days, ice crystals form on metal sheets, stick to the eaves (roof), and cool down the fastest. When the ambient temperature is slightly above 0 degrees, the snow on the roof begins to melt. This process occurs during the daytime when the sun rises. The snow slowly melts and drips from the roof. Before sunset, the temperature drops sharply. A drop in temperature below 0 degrees Celsius leads to the formation of ice icicles.

This paper examines the issue of removing icicles using a specific technical method. Its implementation is based on obtaining thermal energy from electrical energy using a low-power step-down transformer or solar panels. The physical essence of both methods is described in detail below.

To reduce the technical moisture content of seeds, the method of electrocontact heating was used. On Figure 5. shows a schematic diagram of electrocontact heating. The main element of electrocontact heating is a heating transformer. The calculations mainly take into account the parameters of the heating transformer with electrical contact.



**Figure 5.** Schematic diagram of electrocontact heating: 1 - detail; 2 - heating transformer; 3 - transmission tires; 4 - clamps (contacts).

When using a step-down transformer, the AC voltage in the secondary winding of the transformer is reduced to 0.48 volts, which allows for a current of up to 20 A. In this case, the number of turns of the secondary coil is taken to be 1 or 2. The connection diagram is shown below. This technology and electrical circuit can be connected to both centralized power supply and autonomous power supply (diesel or solar power plants). The power of the electric contact heating transformer is calculated depending on the set temperature and the size of the heated sheet area.

In the Peltier-based electric heating method, the 24 V DC voltage generated by solar panels is proportionally connected to the open ends of several thermocouples. The other end of the thermocouples, which is welded, forms a weld on the inside of a specially prepared metal sheet, briefly heating this sheet during operation. As a result, the melting ice turns into meltwater, and icicles fall to the ground under the force of gravity. The basic connection diagram of this method is shown in the figure below.

An ice floe falling from a height of  $h=11.5$  m on the first floor window parapet formed a depression on the outer surface of the organic glass covering with a width of 1.5 cm and a length of 3.5 cm. Thus, the ice floe falling from above, at the moment of impact with the surface of the covering, converts its increasing kinetic energy into internal energy sufficient to melt the ice floe into water and form a depression on the covering. The calculations underlying the above considerations are given below:

$$Q_{m.er.} = \lambda \cdot m \quad (3)$$

Here  $\lambda$  – specific gravity of ice,  $m$  – mass of ice [kg].

$$Q_{\Sigma} = c \cdot m \cdot (t_{m.p.} - t_0) \quad (4)$$

Here,  $c$  is the specific heat capacity of water [ $\frac{kJ}{kg \cdot K}$ ];  $m$  – is the mass of water [kg].

$t_{m.p.}$  – melting point of ice, [ $^{\circ}C$ ];  $t_0$  – initial temperature (or ambient temperature), [ $^{\circ}C$ ].

An ultrasonic sensor was used to calculate the height of the building.

Let's calculate the situation when an icicle with a mass of 1 [kg] breaks off and falls to the ground. At its highest point  $h=11.5$  m, the icicle has total potential energy ( $E_{p,max.}$ ). Knowing the height of the building, we can calculate this energy:

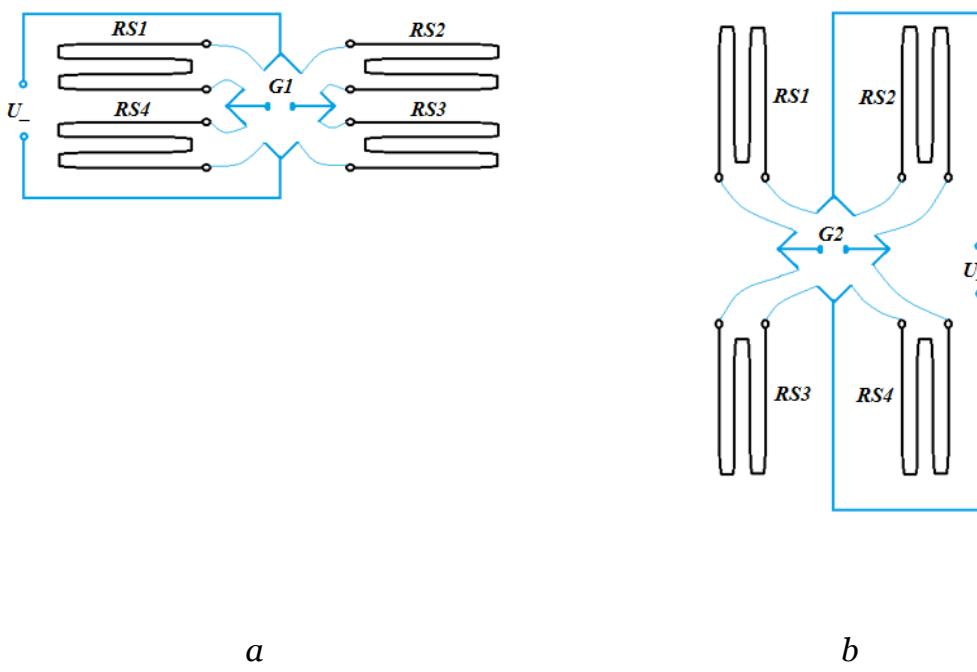
$$E_{p,max.} = m \cdot \bar{g} \cdot H = 1 \cdot 9.81 \cdot 11.5 = 112.81 [kJ]$$

This energy is completely converted into kinetic energy at the lowest point and when the ice floe hits the surface it is spent on: melting the ice floe and the energy of the friction force between the ice and the impacting surface.

It is extremely dangerous when icicles collide with people or warm-blooded creatures at a certain speed. Therefore, before connecting the power supply to the power source, sound warning signals (sirens) are turned on. The figure below shows the electrical circuit for automatically turning on the sound siren.

Using strain gauges, we accurately measure the small deformation of the lower part of the metal sheet caused by the weight of the icicles, utilizing a full bridge circuit. In this setup, strain gauges are placed longitudinally along the length (base) of the metal sheet. In the same plane (specifically, the horizontal plane), four additional strain gauges can be positioned, rotated by  $90^\circ$ , and integrated into the full bridge circuit, enabling electronic temperature control. The schematic representation of the described setup is shown in Figure 6.

Using strain gauges, we accurately measure the small deformation of the lower part of the metal sheet caused by the weight of the icicles using a full bridge circuit. A schematic representation of the described setup is shown in Figure 6.

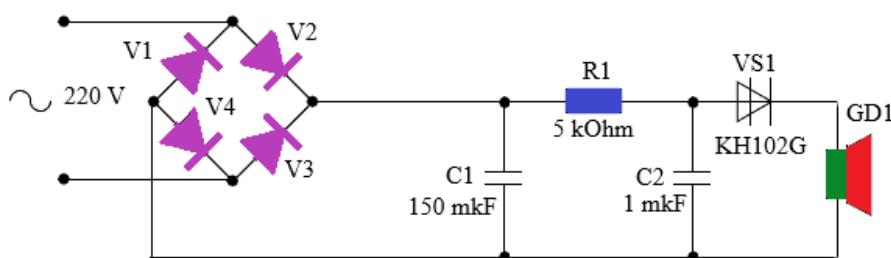


**Figure 6.** Constructive (schematic) implementation of a full bridge circuit:

*a – for measuring mechanical deformation of the sheet; b – to measure sheet*

In this setup, strain gauges are placed longitudinally along the length (base) of the metal sheet (view a). In the same plane (namely, the horizontal plane), four additional strain gauges can be placed, rotated by  $90^\circ$  and integrated into a full bridge circuit (view b), which allows for electronic temperature control. The reader is presented with a simple circuit of a sound siren without the use of microcircuits and transistors. This sound siren is designed to alert people and signal. The figure below shows the electrical circuit diagram of the sound siren. To create oscillations of the audio frequency current in the coil of the speaker GD1 with a resistance of 8 Ohms, a relaxation generator circuit is used, assembled on the dinistor VS1, capacitor C2 and resistor R1. The relaxation generator creates a non-sinusoidal pulsed alternating current. Resistor R1 in the circuit is connected in series with capacitor C2, parallel to which the dinistor VS1 and speaker GD1 are connected in series. (Figure 7) [9]

V1...V4 - D226B



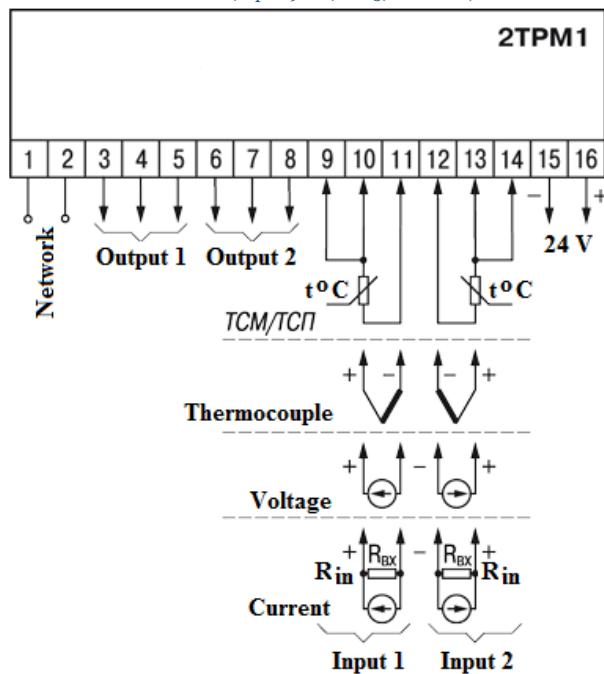
**Figure 7.** Electrical wiring diagram of the sound siren

This circuit operates as follows. Capacitor C2 is gradually charged through resistor R1, the charge on it increases, and, therefore, the voltage on its plates increases, since it is known from a physics course that the voltage on the capacitor plates is directly proportional to the charge of the capacitor and inversely proportional to its capacity. A dinistor is a semiconductor device with three p-n junctions and does not conduct electric current in its normal state. It opens, that is, begins to conduct current, at a certain voltage, called breakdown. The voltage on capacitor C2 increases until it becomes equal to the breakdown voltage for dinistor VS1. After this, dinistor VS1 opens, and capacitor C2 is sharply discharged through it and the winding of the speaker GD1 connected in series with it. As it discharges, the voltage on capacitor C2 drops and dinistor VS1 closes. Capacitor C2 begins to charge again and the oscillation generation cycle is repeated.

The relaxation generator circuit is powered by direct current, which is obtained by rectifying the alternating mains voltage of 220 volts with a two-half-wave rectifier on diodes VD1-VD4 of the D226B brand. To smooth out the pulsations of the rectified voltage, an electrolytic capacitor C1 with a capacity of 150  $\mu$ F at 400 volts is used. Thus, the device is connected directly to the electrical network with a voltage of 220 volts and does not require step-down power transformers.[9]

METTLER TOLEDO's high-precision industrial scales measure from 0.001 g to several tons and can be used for simple weighing, commercial weighing and much more[10].

General connection diagram(Figure 8). For automatic control, two-channel measuring and control devices 2TPM1 can be used. These devices have two inputs for connecting primary converters, a data processing unit, which consists of a physical quantity meter, a digital filter and a logistics device. Logistic devices (LD) are devices that generate control signals for output devices. Each is assigned an output device, which, depending on the device modification, can be of a discrete or analog type. Logistic devices operate independently of each other.



**Figure 8. Automatic control diagram[11]**

Each LD can be switched to the "Off" state, in which case the corresponding output device goes into a passive state: the relay, transistor optocoupler and opto-simistor open, the Digital-to-Analog converter produces a minimum current. Due to the fact that the operation of both LD is independent of each other, the device can be programmed to operate as a three-position regulator[11].

## CONCLUSIONS

In many countries of the Northern Hemisphere, people are seriously injured and die in winter when snow drifts and icicles (crystals) fall from the roofs of tall multi-story buildings. To prevent such incidents, technical solutions have been developed that allow the removal of icicles using low-power, environmentally friendly electricity in a way that is safe for humans (by turning on sound alarms (sirens) before connecting to the power grid). The paper also examines the practical application of strain gauges using a full bridge circuit, where, depending on the placement of the strain gauges, accurate information about the deformation and temperature of the metal sheet is obtained.

## REFERENCES

1. Denmukhammadiev, A., Mustafoqulov, A., Valikhonova, H., Sobirov, E., Raimov, T. Electricity metering and backup power supply for multi-storey buildings, 2021, 264, 05051  
[https://www.researchgate.net/publication/352081214\\_Electricity\\_metering\\_and\\_backup\\_power\\_supply\\_for\\_multi-storey\\_buildings](https://www.researchgate.net/publication/352081214_Electricity_metering_and_backup_power_supply_for_multi-storey_buildings)
2. <https://lifehacker.ru/samye-xolodnye-i-zharkie-strany/>
3. <https://allremont59.ru/inzhenerka/security/sosulki-na-kryishe-ubiraem-bezopasno.html>

4. <https://www.kommersant.ru/>
5. Handbook of the master builder / Edited by D.V. Koroteev. - M.: Stroyizdat, 1989.-544 p. (in Russian) ISBN 5-274-00051-7. <https://i.twirpx.link/file/2003733/>
6. Смогунов В.В., Шорин В.А., Кочетков Д.В., Пшеничный О.Ф., Волчихина Н.И. Динамика схода снего-ледяных масс с крыш зданий // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 3. Ч. 2 [Электронный ресурс].<https://web.s nauka.ru/wp-content/uploads/2015/03/118-34.gif>
7. A Denmuhammadiev, Sh Shoyusupov and Y Chulliev. Low-power solar stations on dam surfaces of reservoirs. CONMECHYDRO – 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012182 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/883/1/012182.<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/883/1/012182/pdf>
8. A M Denmukhammadiev, O Q Matchanov, E E Sobirov and S S Azamov. Energy-efficient environmentally friendly electric device for the destruction of weeds by heating them. 2022 [II International conference on Agricultural Engineering and Green Infrastructure Solutions 18/05/2022 - 20/05/2022 Tashkent, Uzbekistan](#) IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. **1076** 012036 DOI 10.1088/1755-1315/1076/1/012036
9. <https://cxem.net/beginner/beginner111.php>
10. [https://www.mt.com/int/ru/home/products/Industrial\\_Weighing\\_Solutions.html?gl=1\\*1u9fl53\\*up\\*MQ..&gclid=CjwKCAjwgpCzBhBhEiwAOSQWQQX-ku4DDxaJ-TwLDyRfHko44fipiAkXimbAv99KoJdwuaN6ioBoCPpMQAvD\\_BwE](https://www.mt.com/int/ru/home/products/Industrial_Weighing_Solutions.html?gl=1*1u9fl53*up*MQ..&gclid=CjwKCAjwgpCzBhBhEiwAOSQWQQX-ku4DDxaJ-TwLDyRfHko44fipiAkXimbAv99KoJdwuaN6ioBoCPpMQAvD_BwE)
11. <https://теплоприбор.рф/catalog/2trm1-izmeritel-regulyator-dvuhkanalnyj/>

**УДК: 621.311.1:620.92:621.316.9**

## **ELEKTR TARMOQLARINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI**

**Turdibayev Abduvali Abdujalolovich** - “TIQXMMI” MTU  
“Elektrotexnologiya va elektr uskunalar ekspluatatsiya kafedrasi dotsenti,  
[turdiboev1983@mail.ru](mailto:turdiboev1983@mail.ru)

**Abdikarimov Abdiraxim Abdijabbor o‘g‘li** - “TIQXMMI” MTU tayanch doktoranti [addiraximabdikarimov@gmail.com](mailto:addiraximabdikarimov@gmail.com)

**Annotatsiya.** Maqolada Respublikada elektr energiyasiga bo‘lgan talabning yillik o‘sish prognoz natijalari, 2030 yilgacha elektr energiyasini ishlab chiqarish va iste’mol qilishning prognoz dinamikasi, elektr tarmoqlaridagi elektr energiyasining ortiqcha isrofi va bu muammosini iqtisodiy jihatdan samarali hal qilish usullari xaqida ma’lumotlar keltirilgan. Iqtisodiy samarani va o‘zini qoplash muddatini aniqlash uchun elektr ta’minoti tarmoqlarining energiya samaradorligini oshirish va ortiqcha elektr energiya isrofi sabablarini bartaraf etish bo‘yicha chora-tadbirlar uchun ruxsat etilgan maksimal

xarajatlar mezoni kiritilgan. Korxonalarga tegishli bo'lgan uzoq muddatli elektr ta'minoti tizimlari orqali elektr energiyasini uzatishda ortiqcha elektr energiyasi isrofini kamaytirish hisobiga elektr energiyasining umumiy iste'molini kamaytirish maqsadida 5 ta tavsiya ishlab chiqilgan. Bulardan, aniq korxonalar sharoitida mustaqil faoliyat yuritish uchun mahalliy mutaxassislarni tayyorlash bilan eng yangi texnologiyalar va texnik vositalarni joriy etish va ularga xizmat ko'rsatish, "Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to'g'risidagi O'zbekiston respublikasining qonunida nazarda tutilgan eng yangi texnik vositalar va texnologiyalardan foydalanish bo'yicha me'yoriy-huquqiy bazani (korxona standartini) yaratish kabi tavsiyalar keltirilgan.

**Kalit so'zlar:** Elektr energiyasi, energiya tejash, energiya samaradorlik, elektr tarmoqlari, elektr energiyasini uzatish, havo linyalar, kabel linyalar, energiya audit, texnadzor, elektr xavfsizlik, PUE.

**Абстрактный.** В статье представлена информация о результатах прогнозирования ежегодного прироста спроса на электроэнергию в республике, прогнозной динамике производства и потребления электроэнергии до 2030 года, сверхнормативных потерях электроэнергии в электрических сетях и методах экономически эффективного решения этой проблемы. Для определения экономической эффективности и сроков окупаемости введен критерий предельно допустимой стоимости мероприятий по повышению энергоэффективности сетей электроснабжения и устранению причин сверхнормативного расхода электроэнергии. Разработано пять рекомендаций по снижению общего потребления электроэнергии за счет сокращения избыточных потерь электроэнергии при передаче электроэнергии по долгосрочным системам электроснабжения, принадлежащим предприятиям. К ним относятся такие рекомендации, как внедрение и поддержание в рабочем состоянии новейших технологий и технических средств с подготовкой местных специалистов для самостоятельной эксплуатации на конкретных предприятиях, а также создание нормативно-правовой базы (стандарта предприятия) по использованию новейших технических средств и технологий, предусмотренных Законом Республики Узбекистан «Об энергосбережении, рациональном использовании и повышении энергетической эффективности».

**Ключевые слова:** Электроэнергетика, энергосбережение, энергоэффективность, электрические сети, передача электроэнергии, воздушные линии, кабельные линии, энергоаудит, технический надзор, электробезопасность, ПУЭ.

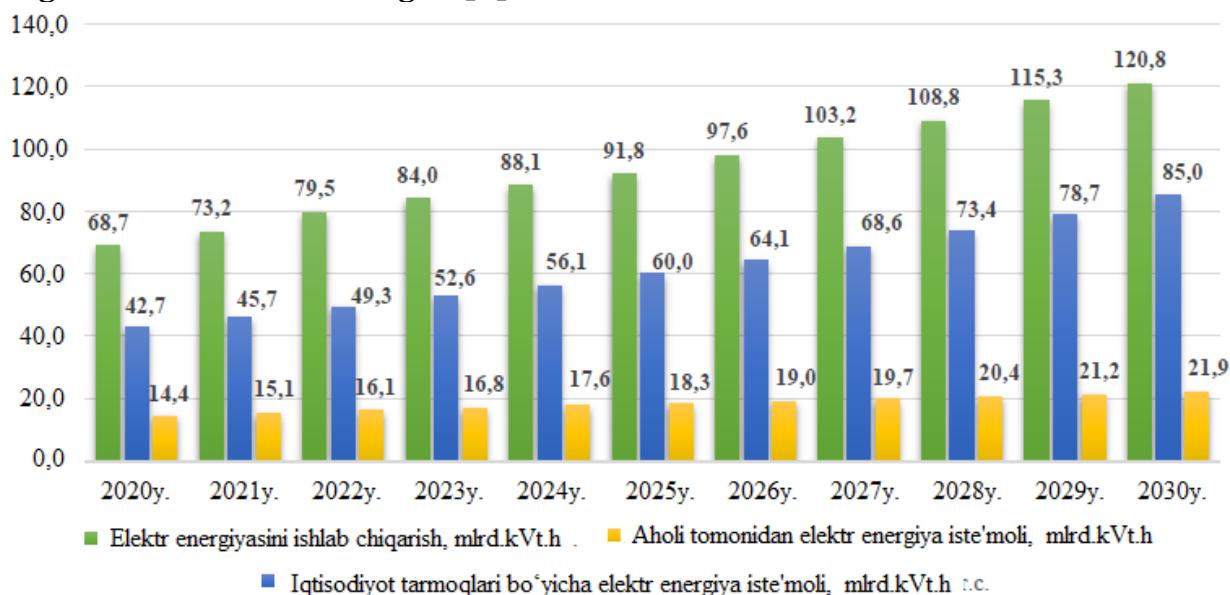
**Abstract.** The article presents the results of the forecast of annual growth in electricity demand in the Republic, the forecast dynamics of electricity production and consumption until 2030, information on excessive electricity waste in power grids and methods for economically effective solutions to this problem. To determine the economic efficiency and payback period, the

*maximum allowable cost criterion for measures to increase the energy efficiency of power supply networks and eliminate the causes of excessive electricity waste has been introduced. 5 recommendations have been developed to reduce the total consumption of electricity by reducing excessive electricity waste during the transmission of electricity through long-term power supply systems belonging to enterprises. These include recommendations such as the introduction and maintenance of the latest technologies and technical means with the training of local specialists for independent operation in specific enterprises, and the creation of a regulatory and legal framework (enterprise standard) for the use of the latest technical means and technologies, as provided for in the Law of the Republic of Uzbekistan "On Energy Saving, Rational Use and Improvement of Energy Efficiency."*

**Keywords:** Electricity, energy saving, energy efficiency, power grids, electricity transmission, overhead lines, cable lines, energy audit, technical supervision, electrical safety, PUE.

**Kirish.** Elektr energiyasining asosiy iste'molchilari, ishlab chiqarish va sanoat korxonalari hisoblanadi. Elektr energiyasi tan narxining doimiy oshib borishi mahsulot ishlab chiqarish tannarxiga va korxonalarining boshqa iqtisodiy ko'rsatkichlariga ham salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli, ishlab chiqarish korxonalarida energiya sarfini kamaytirish imkonini beradigan texnik echimlarni izlashning dolzarbliги ortib bormoqda.[1]

Prognoz natijalariga ko'ra, 2030-yilgacha bo'lgan davrda Respublikada elektr energiyasiga bo'lgan talabning yillik o'sishi o'rtacha 6-7 foizga teng bo'ladi. 1-rasmda 2030-yilgacha elektr energiyasini ishlab chiqarish va iste'mol qilishning prognoz dinamikasi keltirilgan.[2]



**1-rasm. 2030 yilgacha elektr energiyasi ishlab chiqarish va iste'mol qilishning prognoz dinamikasi, mldr.kVt.saat.**

2030-yilgacha elektr energiyasini ishlab chiqarish va iste'mol qilishning prognoz dinamikasi bo'yicha, 2030-yilga kelib respublikada elektr energiyasi iste'moli 120.8 mldr.kVt.saat (2024-yilga nisbatan 1,37 baravar ko'p) bo'lishi

prognoz qilinmoqda. Shu bilan birga aholining elektr energiyasiga bo'lgan talabi – 21,9 mlrd.kVt.s (2024 yilga nisbatan 1,24 baravar ko'p), iqtisodiy sektorning elektr energiyasiga bo'lgan talabi – 85,0 mlrd.kVt.s (2024 yilga nisbatan 1,51 baravar ko'p) bo'lishi kutilmoqda. Shuning uchun bu muammoning amaliy echimlarini izlash kerak.

Bugungi kunda taklif qilingan echimlar ikkita asosiy yondashuvga amal qiladi:

- mavjud qurilmalarni (asosiy ishlab chiqarish ob'ektlarida) energiya tejamkorrog'iga, o'z ehtiyojlari uchun kam energiya iste'moli qiladiganiga almashtirish orqali umumiy energiya sarfini kamaytirish. Biroq, buning uchun uzoq muddatli sezilarli xarajatlar talab etiladi, bu esa uzoq vaqt davomida korxonalarining daromadlarini kamaytiradi;

- elektr energiyasining qo'shimcha xarajatlarini qoplash uchun ishlab chiqarilayotgan mahsulot narxini oshirish. Biroq, bu mahsulotning ichki va tashqi bozordagi raqobatbardoshligining pasayishiga olib keladi.

Ammo bu muammoni hal qilishning uchinchi yo'li ham mavjud bo'lib, bu elektr tarmoqlardagi ortiqcha isrofni kamaytirishdir.

Bugungi kunda magistral elektr tarmoqlarida elektr energiyasining ortiqcha yo'qotishlari 11% dan 40% gacha etishi mumkin. [3]

Taqsimlash tarmoqlarida va iste'molchi korxonalariga tegishli ichki elektr tarmoqlarida esa, elektr energiyasi isrofi yanada ko'proq bo'lishi mumkin.

Elektr energiyasini ortiqcha isrof bo'lish muammosini iqtisodiy jihatdan samarali hal qilish uchun, barcha korxonalarida maxsus dasturlarni amalga oshirish va maqsadli ko'rsatkichlarni belgilab olish lozim. Misol uchun, Qonunchilik palatasi tomonidan 2024-yil 9-iyulda qabul qilingan Energiyanı tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to'g'risidagi O'zbekiston respublikasining qonuning 2-bob, 6- moddasida elektr energiyasini ishlab chiqarish va iste'mol qilishda energiyadan samarali hamda xavfsiz foydalanishni ta'minlash, energiyani tejovchi texnologiyalarni ishlab chiqarish va joriy etishni rag'batlantirish, energiyani tejovchi zamonaviy asbob-uskunalar, texnologiyalar, o'lchov vositalari hamda samarali nazorat tizimlari joriy etilishini rag'batlantirish, energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish sohasidagi fundamental, ilmiy va amaliy tadqiqotlarni rivojlantirish kabi **asosiy yo'nalishlari belgilab berilgan**.

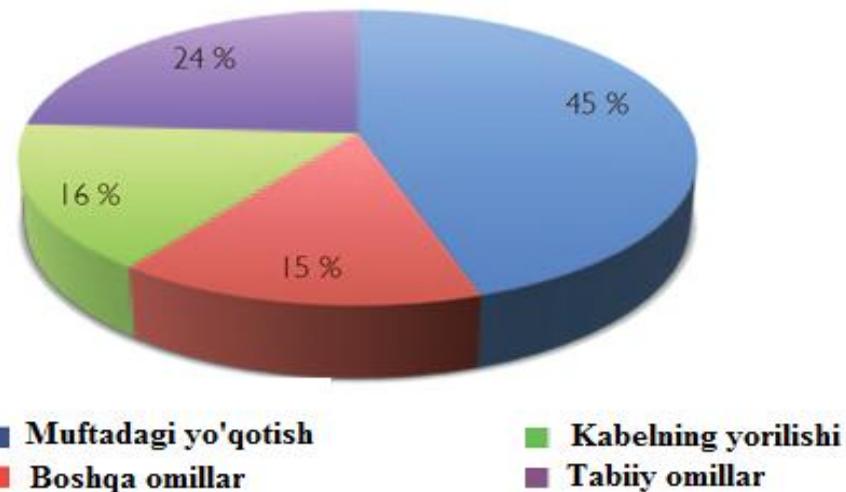
### **Maqsad.**

Elektr energiyasini iste'molchilarga uzatishdagi ortiqcha yo'qotishlar, tuman elektr tarmoqlari korxonalarini tomonidan elektr energiyasini iste'mol qilishning umumiy hajmiga kiritilganligi va uni to'lov xarajatlarini oshirganligi sababli, biz uni uzatish vaqtidagi ortiqcha elektr energiyasini isrof bo'lish muammosini hal qilish bo'yicha ilmiy izlanish olib boramiz.

Ishlab chiqarish korxonalarining elektr ta'minot tarmoqlaridagi mavjud muammolar.

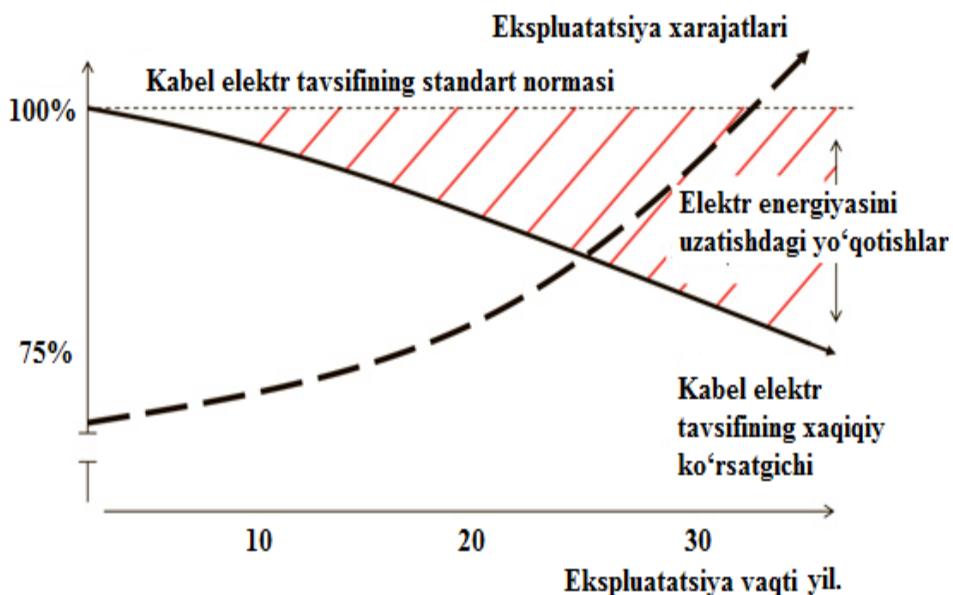
Ishlab chiqarish korxonalarining elektr ta'minot tarmoqlari uzoq muddat xizmat qilishga mo'ljallanadi. Tashqi va ichki salbiy ta'sirlar natijasida (2-rasm) tarmoqning butun uzunligi bo'ylab turli joylarida yashirin nuqsonlar paydo bo'lishi mumkin, bu elektr energiyasini uzatish shartlarini yomonlashtiradi. Kabel elektr ta'minoti tarmoqlarida elektr energiya yo'qolishining umumiy qiymati 30%

yoki undan ko'proqqa etishi mumkin. Shu bilan birga, elektr ta'minoti tarmoqlari orqali qancha ko'p elektr energiyasi uzatilsa, elektr energiyasidagi yo'qolishlar qiymati yanada oshishi mumkin va bu o'z navbatida qo'shimcha xarajatlar ko'rinishidagi salbiy iqtisodiy oqibatlarga olib keladi.



**2-rasm. Kabel elektr tarmog'idagi elektr energiyasi isrofining turli omillarga bog'liqligi.**

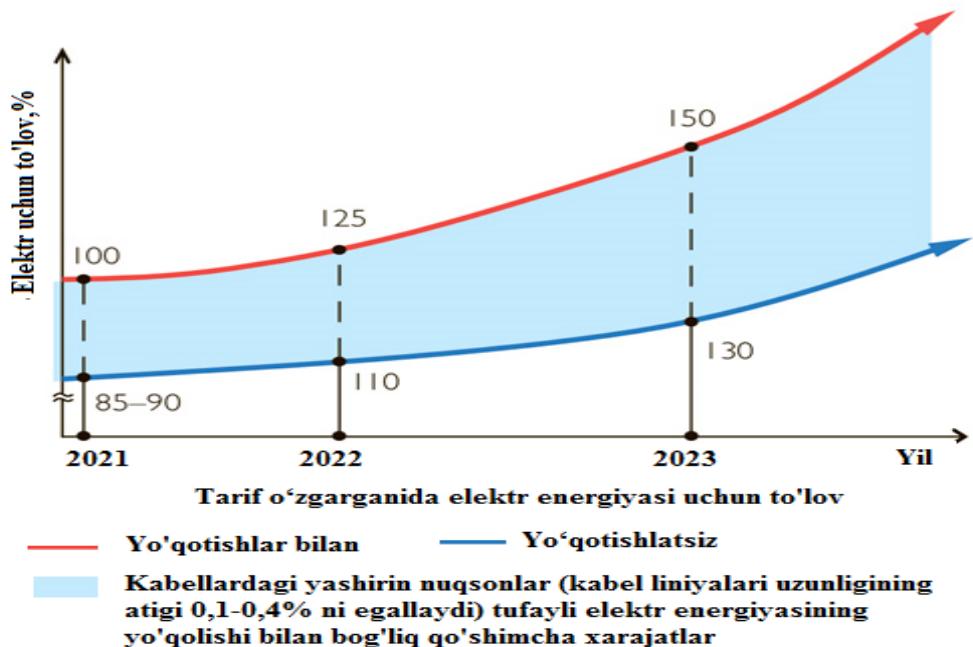
Bundan tashqari, kabelni ishlab chiqarish vaqtidagi, kabel liniyasini yotqizish vaqtidagi mavjud yashirin nuqsonlar va ekspluatatsiya vaqtida tashqi shikastlanishlar tufayli yashirin nuqsonlarning soni doimiy ravishda oshib borishi o'rganilgan. (3-rasm). Natijada, elektr ta'minoti tarmoqlaridagi ortiqcha isrof miqdori doimiy ravishda oshib boradi.



**3-rasm. Elektr ta'minoti tarmoqlarini ishlatish jarayonida korxona xarajatlarining o'sishi**

Yillik energiya iste'moli 100 ming kWt·soat gacha bo'lgan korxona misolida elektr tarmoqlardagi isroflarni bartaraf etishdan olingan iqtisodiy samara ko'rsatilgan (1-jadval). Kelgusi besh yil davri elektr energiyasi narxining 1,5-2 barobarga ortishi bilan hisobga olinadi. Ko'rinish turibdiki, elektr uzatish

tarmoqlarida isroflarni bartaraf etish, yillik elektr energiyasini iste'mol qilishni sezilarli darajada qisqartirishi va elektr energiyasi narxining oshishi tufayli qo'shimcha xarajatlarni qoplashi mumkin (4-rasm).



**1-jadval Korxonalarning o'z kabellarida elektr yo'qotishlari sababli xarajatlari**

Ko'rsatkichlar	Elektr energiyasi iste'moli	
	Mavjud	Optimal (Yo'qotishla rsiz)
Elektr qurilmalarning foydali quvvati, %	100	100
Elektr ta'minoti tarmoqlarida ortiqcha iste'mol, %	30	0
Umumiy elektr energiyasi iste'moli, %	130	100
Boshqa maqsadlar uchun sarflangan elektr quvvati, %	0	30
5 yil davomida (2024 yilgacha) elektr uskunalar va elektr energiyasi sarflari uchun to'lov, million so'm.	100	0
5 yil davomida (2024 yilgacha) elektr energiyasi to'jvi uchun sarflangan mablag'lar, million so'm.	0	20–30

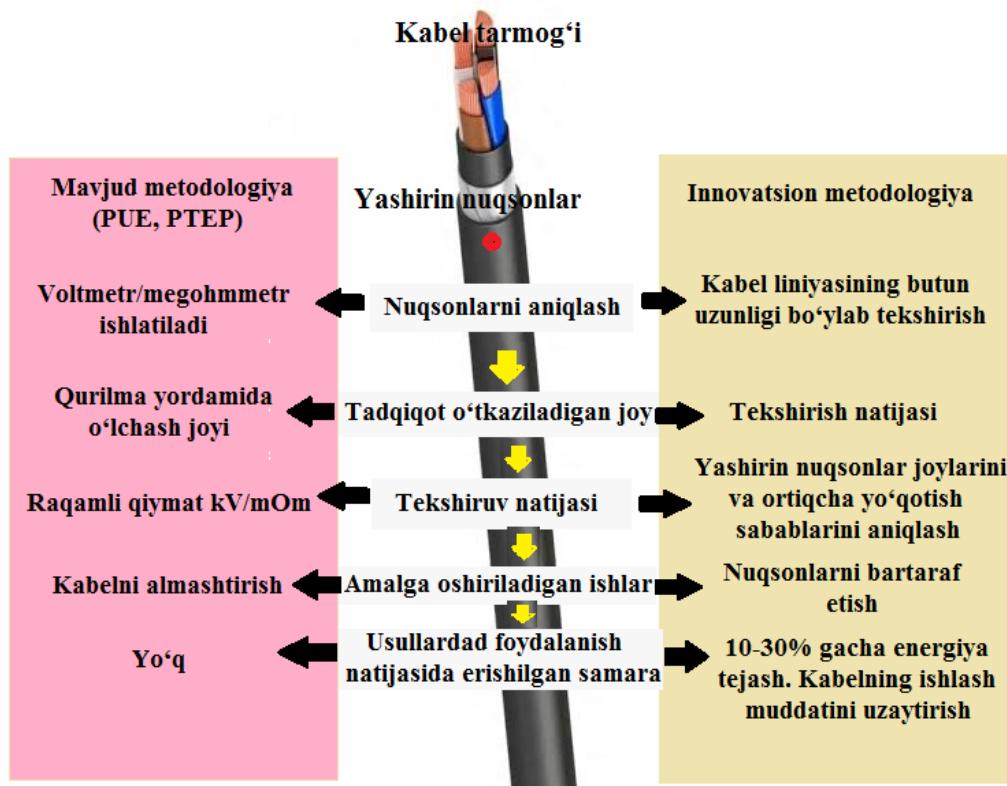
**Yo'qotishlarni bartaraf etishga to'sqinlik qiluvchi omillar.** Korxonalarda elektr isroflarni amaliy yo'qotish orqali umumiy energiya sarfini kamaytirishni amalga oshirishga quyidagi omillar to'sqinlik qilmoqda:

- elektr ta'minoti tarmoqlarida elektr sarflarlarining sabablari va isrof joylarini ishonchli aniqlash uchun texnik vositalar etarli emasligi;
- kabel elektr tarmoqlarining faqat bitta parametrini, ya'ni izolyatsiya qarshiligini hisobga olinishi;
- amaldagi qonun talablari va maqsadlarini hisobga olgan holda elektr ta'minoti tarmoqlarida umumiy elektr iste'molni kamaytirish va elektr energiyasi

isroflarini bartaraf etish bo'yicha ishlarni tashkil etish uchun texnik xodimlarning malakasi etarli emasligi;

- zamonaviy texnologiyalar va maxsus texnik vositalardan foydalangan holda elektr energiyasi isroflarini aniqlash usullari, ko'rsatmalari, qoidalari va standartlari yo'qligi.

Shunday qilib, kabel uzatish tarmoqlarida elektr energiyasining isrofini baholashdagi asosiy omil sifatida kabel elektr tarmoqlarining izolyatsiya qarshiligi olinadi. Ya'ni Mavjud metodologiyaga ko'ra, elektr uzatish tarmoqlarining ishlashiga yaroqliligi to'g'risida xulosa faqat izolyatsiya qarshiligining qiymatini standartlar darajasi bilan solishtirish orqali amalga oshiriladi. Boshqa parametrlar baholanmaydi.



**5-rasm. Kabel uzatish tarmoqlaridagi elektr energiyasining isrofini aniqlashda amalda qollanilayotgan mavjud usullar va zamonaviy texnologiyalarning imkoniyatlarini taqqoslash**

## Metodologiya. Tadqiqot hududi

Kabel uzatish tarmoqlarida elektr energiyasi isrofinining sabablarini aniqlash uchun zamonaviy texnologiyalardan foydalanish (5-rasm) [2-4] talab qilinadi, uning mohiyati yangi "Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to'g'risidagi O'zbekiston respublikasining qonuni talablarini bajarish uchun elektr ta'minot tarmoqlarida yashirin nuqsonlarni aniqlash-elektr energiyasi isrofinining haqiqiy sabablari. Bir vaqtning o'zida olingan ishonchli ma'lumotlar, amalda aniqlangan kamchiliklarni bartaraf

etish uchun rejali ta'mirlash ishlarini tashkil etish va amalga oshirish imkonini beradi.

2 va 3-jadvallarda amalda qollanilayotgan mavjud usullar va zamonaviy texnologiyalar bilan kabel uzatish tarmoqlaridagi elektr energiyasining isrofini aniqlash imkoniyatining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari keltirilgan.

### **2-jadval**

#### **Infomatsion o'lchash texnologiyasidan foydalanishning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari**

Nº	Ko'rsatkichlar	Yangi texnologiya	Eski texnologiya
1	Kabellardagi yashirin nuqsonlarning joylashuvi to'g'risidagi ma'lumotlar	100%	yo'q
2	Baxtsiz hodisalarning oldini olish, yo'qotishlarni kamaytirish va elektr energiyasi uchun to'lovlarini kamaytirish	ha	yo'q
3	Aniq natija	normal darajalarni tiklash	nosozliklarni tuzatish
4	Xizmat muddati	15-30 yil yoki undan xam ko'proq muddatga uzaytirish mumkin	15-30 yilga qisqaradi
5	Aniqlik	Ishlab chiqarish nuqsonlarini xam aniqlash imkonи mavjud	Aniqlik darajasi yuqori emas
6	Kabel strukturasini tekshirish usuli	Kabel zararsiz va xavfsiz	baxtsiz hodisa halokatli va xavfli bo'lishi mumkin
7	Baxtsiz hodisalarning oldini olish va funksionallikni tiklash bo'yicha ishlarni tashkil etish	4-7 marta yoki undan ko'proq oshirish	-
8	Shaxsiy va texnologik intizomning mavjudligi	mavjud	yo'q

Elektr ta'minoti tarmoqlarining energiya samaradorligini oshirish uchun xarajatlarni optimallashtirish

Iqtisodiy samaraga erishish va xarajatlarni optimallashtirishda quyidagilarni hisobga olish kerak:

- uzatiladigan elektr energiyasining miqdori;
- elektr ta'minoti tarmoqlarini texnik ekspertizadan o'tkazish ma'lumotlari;
- elektr ta'minoti tarmoqlarining ishlash muddati.

Birinchidan, eng ko'p miqdorda uzatiladigan elektr energiyasiga ega bo'lgan tarmoqlar guruhi aniqlanadi va ularning energiya samaradorligini oshirish choratadbirlaridan kamroq iqtisodiy samaraga ega bo'lgan boshqa tarmoqlar hisobiga ushbu guruhni qayta taqsimlash yo'li bilan xarajatlarni optimallashtirish amalga oshiriladi.

### **3-jadval**

#### **Texnik va iqtisodiy ko'rsatkichlarni taqqoslash**

Variantlar	Mayjud daraja	Yangi texnologiya
Maqsad va me'yoriy-huquqiy baza	GOST texnadzorning elektr xavfsizligi va PUE bo'yicha talablari	Ortiqcha elektr energiyasi isrofi sabablarini aniqlash va ularni bartaraf etish

Ko'rib chiqilgan elektr parametrlari soni	1	4
Ko'rib chiqilgan kabel tarmog'ining elementi	Izolyatsiya qarshiligi	Tok o'tkazuvchi qism
Natija	normadan chetga chiqish	Kabel tarmoqlaridagi ortiqcha elektr energiyasi isrofi joyini aniqlash
Turi/birligi	mOm, izolyatsiya qarshiligi	Butun tarmoq uzunligi bo'yicha / metr
Amaliy qo'llash imkoniyatlari	GOST texnadzor va PUE talablariga muvofiqligi	Kabel tarmoqlarida ortiqcha elektr energiyasi isrofini bartaraf etish bo'yicha chora-tadbirlarni amalga oshirish
Texnik vositalar	analog qurilmalar	Informatsion va raqamli o'lchov texnologiyalari

Keyin ushbu guruhlardagi tarmoqlar sonini kamaytirish uchun qo'shimcha tuzatish amalga oshiriladi. Buning uchun elektr energiyasini uzatishning energiya samaradorligi koeffitsienti ( $K_{E,S}$ ) qo'llaniladi, bu har bir tarmoq uchun uzatiladigan quvvat miqdorining haqiqiy yo'qotishlarga nisbati sifatida aniqlanadi.

Natijada, iqtisodiy samaradorlikning ikkita asosiy sharti va tarmoqlarning energiya samaradorligini oshirish bo'yicha chora-tadbirlarning o'zini qoplash muddati amalga oshiriladi: birinchidan, uzatiladigan elektr energiyasi hajmi bo'yicha, ikkinchidan, energiya tejash salohiyati bo'yicha.

O'tkaziladigan tadbirlar hisobiga elektr ta'minoti tarmoqlari sonini qisqartirish, shuningdek, katta hajmdagi uzatiladigan quvvat bilan ortiqcha energiya isroflari bo'lмаган va texnologik yo'qotishlar belgilangan me'yorlar doirasida bo'lgan tarmoqlar hisobiga ham xarajatlarni optimallashtirish imkonini beradi.

Ortiqcha elektr energiya isrofi sabablari bo'yicha texnik tadqiqot ma'lumotlari yo'qligi sababli, "Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to'g'risidagi O'zbekiston respublikasining qonuniga muvofiq, zamonaviy texnologiyalardan foydalangan holda elektr ta'minoti tarmoqlarini instrumental tekshirish taklif etiladi (5-rasm).

Instrumental tadqiqotlarning haqiqiy ma'lumotlariga ko'ra, tarmoqlarda ortiqcha elektr energiyasi isrofiga ta'sir qiluvchi yashirin nuqsonlar va shikastlanishlar soni, joylashuvi va turiga ko'ra, iqtisodiy samaraga erishishni ta'minlash uchun aniq chora-tadbirlar tanlanadi.

Iqtisodiy samaranani va o'zini qoplash muddatini aniqlash uchun elektr ta'minoti tarmoqlarining energiya samaradorligini oshirish va ortiqcha elektr energiya isrofi sabablarini bartaraf etish bo'yicha chora-tadbirlar uchun ruxsat etilgan maksimal xarajatlar mezoni kiritiladi. Miqdoriy nuqtai nazardan, ortiqcha elektr energiyasi iste'moli xarajatlarni to'lash bo'yicha mavjud xarajatlardan oshmasligi kerak, jumladan:

- energiya auditini o'tkazish va olingan natijalarni tahlil qilish;
- rejalahtirilgan rekonstruksiyaning optimal variantini ishlab chiqish;
- almashtiriladigan elementlarning assortimentini va ularning miqdorini aniqlash;
- ish haqi.

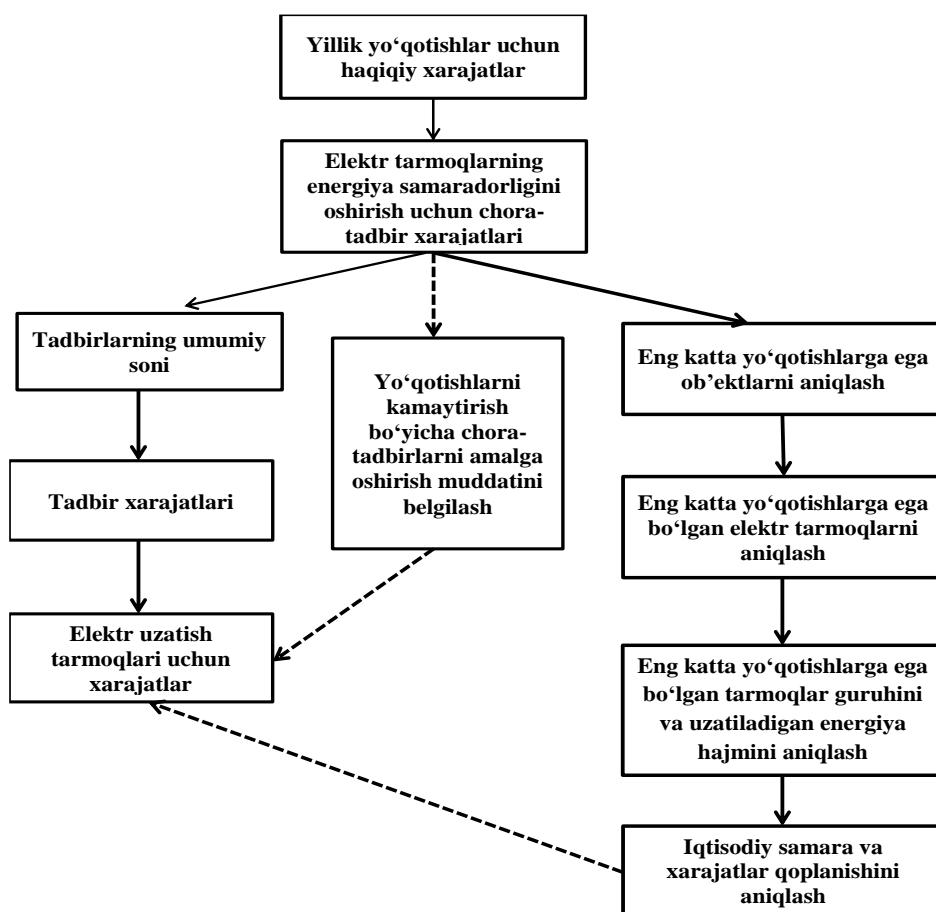
## Natijalar.

Korxonaning elektr ta'minoti tarmoqlari uchun ruxsat etilgan maksimal xarajatlar qiymati tadqiqot+tahlil+ta'mirlash/almashtirish+materiallar+ish xarajatlari yig'indisi bilan belgilanadi.

Iqtisodiy samara pul ko'rinishida ortiqcha elektr energiya isrofiga to'g'ri keladigan elektr energiyasi xarajatlari miqdori va elektr uzatish tarmoqlarining energiya samaradorligini oshirish xarajatlari o'rtasidagi farq bilan belgilanadi.

Elektr energiyasining umumiy iste'molini kamaytirish bo'yicha ishlar majmuasi.

Korxonaga tegishli bo'lgan uzoq muddatli elektr ta'minoti tizimlari orqali elektr energiyasini uzatishda ortiqcha elektr energiyasi isrofini kamaytirish hisobiga elektr energiyasining umumiy iste'molini kamaytirish maqsadida quyidagi 5 ta ishlar amalga oshirish kerak



## Xulosa

- Korxonalarining elektr tarmoqlari va elektr ta'minoti tizimlarini instrumental tekshirish uchun "Energiyanı tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to'g'risidagi O'zbekiston respublikasining qonunida nazarda tutilgan eng yangi texnik vositalar va texnologiyalardan foydalanish bo'yicha me'yoriy-huquqiy bazani (korxona standartini) yaratish. Elektr ta'minoti tarmoqlarining alohida turlari va konstruksiyalarida ortiqcha elektr energiyasi isroflarni ishonchli aniqlash uchun instrumental tadqiqotlarning olingan ma'lumotlaridan foydalanish bo'yicha uslubiy tavsiyalarni ishlab chiqish.

2. Elektr ta'minoti tarmoqlarini instrumental tekshirish natijalari va ortiqcha elektr energiyasi isroflarni bartaraf etish bo'yicha tavsiya etilgan chora-tadbirlar ko'rsatilgan pasportlarni yaratish.

3. Elektr ta'minoti tarmoqlarining haqiqiy texnik holatini baholash va turli xil miqdordagi ortiqcha elektr energiyasi isrofiga ega guruhlarni, shuningdek, xavfli guruhlarini aniqlash.

4. Aniq korxonalar sharoitida mustaqil faoliyat yuritish uchun mahalliy mutaxassislarini tayyorlash bilan eng yangi texnologiyalar va texnik vositalarni joriy etish va ularga xizmat ko'rsatish. Elektr ta'minot tarmoqlarining energiya samaradorligini oshirish bo'yicha chora-tadbirlarni amalga oshirishdan olingan iqtisodiy samarani ortiqcha elektr energiya isrofini bartaraf etilgan taqdirda baholash.

5. Instrumental tadqiqotlar va ma'lumotlar bazalari asosida keyingi foydalanish davrlarida elektr ta'minoti tizimi tarmoqlarining energiya samaradorligini saqlab qolish.

6. Aniq elektr ta'minoti tarmoqlarida ortiqcha elektr energiya isrofi sabablarini bartaraf etishda rejalashtirilgan ta'mirlash ishlarining yuqori sifatli bajarilishini ta'minlash.

7. Elektr ta'minoti tarmoqlarida ortiqcha elektr energiya isrofi sabablarini bartaraf etish maqsadida, shuningdek, pudratchi elektr montaj tashkilotlari tomonidan tender tanlovlarini asosida barpo etilayotgan yangi tarmoqlarni qabul qilishda xarid qilinadigan mahsulotlar sifatini ta'minlash zarur.

### **Adabiyotlar:**

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2030-yilgacha O'zbekiston respublikasining "yashil" iqtisodiyotga o'tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo'yicha chora-tadbirlar to'g'risidagi 2022-yil 2-dekabrdagi PQ-436-sonli **qarori Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi, 04.10.2024-y., 06/24/149/0772-son**

2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 3-fevraldag'i Qishloq xo'jaligida bilim va innovatsiyalar tizimi hamda zamonaviy xizmatlar ko'rsatishni yanada rivojlantirish to'g'risidagi PF-6159-son farmoni. Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi, 04.02.2021-y., 06/21/6159/0084-son.

3. Хамдамова Г.А. Факторы энергоэффективности промышленных предприятий в условиях реформирования экономики.// Biznes-ekspert. 2023. № 10. – С.101-103. (08.00.00; № 3).

4. Таслимов А.Д., Юлдашев А.А., Рахимов Ф.М., Султонов А.Н., Самиев Ш.С. Қишлоқ электр тармоқлари линиялари кесим юзаларининг шкаласининг унификациялаш // Актуальные проблемы системы электроснабжения: Сборник трудов международной научно-технической конференции. – Ташкент. ТашГТУ, 2021. – С.57-59.

5. Taslimov A. D., Keshuov S. A., Najimatdinov R. K., Aminov Kh., Yuldashev A.A., Technical and economic analysis of parameters of urban distribution electric networks 10 kV // E3S Web of Conferences. 2021. Volume 289, 07010 (IF – 0,8: Scopus; №3).

6. Юсупов, О. Я., Зокирова, Д. Н., Тойчиева, М. О., & Мухиддина, Ф. Б. (2019). Методы и средства контроля показателей качества электрической энергии. Экономика и социум, (3 (58)), 512-515.

7. Атамирзаев, Т. У., & Зокирова, Д. Н. (2019). Modern technologies and devices with use of secondary energy sources in uzbekistan and in the world. Научное знание современности, (2), 39-43.
8. Д.Музаффаров Развитие энергетического сектора Узбекистана в условиях переходной экономики. // Экономическое обозрение, июль 2004. с.21-25.
9. Zhelezko Ju.S. Poteri elektroenergii. Reaktivnaja moshhnost'. Kachestvo elektroenergii: Rukovodstvo dlja prakticheskikh raschetov. – M.: JeNAS, 2010. – 456 p.:
10. Методика выполнения измерений параметров нагрузки и вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения прибором «Энерготестер ПКЭ» в условиях эксплуатации. Свидетельство № 2203/222A-02439 от 10-08-2009.
11. Железко Ю. С., Артербев А. В., Савченко О. В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. Руководство для практических расчетов. М.: НЦ ЭНАС, 2003 – С. 20–29.
12. Золотых С. Ф., Рожков С. В., Лобанова С. В. Оценка методов повышения энергоэффективности электроснабжения предприятий // Известия ТулГУ, 2013 – № 12–1. – С. 135–141.
13. Ефременко В. М., Беляевский Р. В. О влиянии перетоков реактивной мощности на параметры систем электроснабжения промышленных предприятий // Вестник КузГТУ. 2011 – № 3 – С. 60–63.
14. Гуков П.О. Анализ влияния распределения нагрузки в воздушных линиях 10 кВ на величину потерь мощности [электронный ресурс] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – №. 1. – С. 93–97.

**UUK: 528.483**

## **ELEKTR YURITMALARDAGI MOTORLARNING ISHCHI REJIMLARINI OPTIMALLASHTIRISH.**

**Achilov Xusen Djabarovich** – TIQXMMI milliy tadqiqot universiteti Buxoro tabiiy resurslarni boshqarish instituti “Elektr energetikasi va elekrotexnika” kafedrasi assistenti. [xusenachilov92@gmail.com](mailto:xusenachilov92@gmail.com)

**Annotatsiya:** Ishlab chiqarish mexanizmlarining elektr yuritmalarini modernizatsiya qilish orqali, elektr energiyadan samarali foydalanishni ta'minlash maqsadida fan-texnika rivojining yutuqlaridan bo'lgan yuqori energetik ko'rsatkichlarga ega asinxron elektr motorlarni qo'llashning afzallik tomonlarini yoritib berilgan

**Kalit so'zlar:** Sanoat korxonalari, asinxron motor, energiya tejash, quvvat, aylanuvchi moment, rotor.

**Аннотация:** Освещены преимущества использования асинхронных электродвигателей с высокой энергоэффективностью, являющихся одним из достижений научно-технического развития, в целях обеспечения

## эффективного использования электрической энергии путем модернизации электроприводов производственных механизмов.

**Ключевые слова:** Промышленные предприятия, асинхронный двигатель, энергосбережение, мощность, крутящий момент, ротор.

**Abstract:** The advantages of using asynchronous electric motors with high energy efficiency, which are one of the achievements of scientific and technological development, in order to ensure the efficient use of electric energy by modernizing the electrical drives of production mechanisms, are highlighted.

**Keywords:** Industrial enterprises, asynchronous motor, energy saving, power, torque, rotor.

### Kirish

Mamlakatimizda energiya quvvatlari aholi va iqtisodiyot tarmoqlarining o'suvchan talabiga mos ravishda oshirib borilmoqda. Xususan, o'tgan yili 50 milliard kub metr tabiiy gaz ta'minlandi, 81 milliard kilovatt soat elektr ishlab chiqarildi.

2035-yilga borib, elektr iste'moli hozirgidan 1,7 barobar oshishi hisob-kitob qilingan. Bu talabni to'liq qondirish uchun faqat ishlab chiqarish emas, tejamkorlik ham zarur.

Tahlillarga ko'ra, O'zbekistonda 1 dollarlik yalpi ichki mahsulot yaratish uchun dunyodagi o'rtacha ko'rsatkichdan 2,5 barobar ko'p energiya sarflanayapti. Elektr tarmoqlaridagi yo'qotishlar 14 foiz, tabiiy gazda esa 7 foizdan yuqori.

Shu bois olimlar jalb qilinib, joylarda energiyani tejash imkoniyatlari ilmiy asosda o'rganilmoqda. Hozirgacha 7 ta viloyatda 4,6 milliard kilovatt-soat elektr va 1 milliard kub metr gazni iqtisod qilish imkoniyatlari aniqlangan.

Taqdimotda shu kabi o'rganishlar asosida ishlab chiqilgan takliflar muhokama qilindi.

Misol uchun, suv xo'jaligidagi eski nasoslarni zamonaviysiga almashtirib, yiliga 1 milliard kilovatt-soat elektrni tejash mumkin. Ijtimoiy muassassalarda qozonxonalarini yangilash, "yashil" energiyadan foydalanish orqali bu yil 5 million kub metr gaz, 15 million kilovatt-soat elektrni iqtisod qilsa bo'ladi. [1]

"2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishlari bo'yicha HARAKATLAR STRATEGIYASI" da, shuningdek, O'zbekiston Respublikasi yo'qilgi energetika majmuinini rivojlantirishning strategik yo'nalishi energiyadan oqilona foydalanish va energiya tejamkorligi masalalari ishlab chiqarishda energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish bo'yicha alohida ko'rsatmalar berib o'tilgan. Bu masalalarni hal qilishda asosiy e'tibor ishlab chiqarishning ko'pgina yo'nalishlarida energiyadan foydalanishning samaradorligini oshirishga qaratilgandir.

Jahondagi barcha rivojlangan mamlakatlar qatorida bo'lgan O'zbekiston Respublikasida xam hozirda aynan shu maqsadda yukori energetik ko'rsatkichlarga ega bulgan texnika va texnologiyalar ishlab chikarishga joriy etilmokda. Mamlakatimiz iqtisodiyotida tub o'zgarish amalga oshirilishi, respublika iqtisodiyoti asosan xom-ashyo yo'nalishidan raqobatbardosh mahsulot ishlab chiqarish yo'lliga izchil o'tayotganligi, mamlakat eksport salohiyati kengayayotganligi ishlab chiqarishning har bir sohasi oldiga yangi vazifalar qo'ydi.[2]

Motorning validagi mexanik quvvat rotor burchak tezligning elektromagnit momentga ko‘paytmasiga tengdir:

$$P = M \cdot \omega. \quad (1)$$

Demak, asinxron motorning aylantiruvchi momenti rotor tokiga, magnit oqimining amplituda qiymatigaxamda rotor toki bilan EYUK orasidagi burchak kosinusiga to‘gri proportsional ekan. rotor tokining aktiv tashkil etuvchisi ekanligini hisobga olsak,  $M_{em} = S \cdot F_t \cdot /_{2a}$  bo‘ladi, ya’ni asinxron motorda aylantiruvchi moment rotor tokining aktiv tashkil etuvchisi yordamida xosil bo‘ladi.

Asinxron motorning rotori tormozlansa, barcha elektromagnit quvvat issiqlik energiyasi sifatida ajralib chika boshlaydi.

Nominal rejim ( $S_{NOM} = 0,02 - 0,06$ ) asinxron motorda xosil bo‘layotgan elektromagnit quvvatning  $0,94 ; 0,98$  ulushi mexanik quvvat sifatida, ozgina ( $0,02 ; 0,06$ ) ulushi esa issiqlik energiyasi sifagida ajralib chikadi.

Endi A.D. ning energetik diagrammasini va aylanish momentini ko‘rib chiqamiz. A.D. ning uch fazali elektr tarmoqdan olayotgan hajm quvvati:

$$P_N = \square_3 \square U \square I_1 \square \cos \square \square \quad (2)$$

Bu aktiv quvvatning bir qismi,  $\square R_m$  – stator cho‘lg‘amining qizishiga sarflanadi. Yana bir qismi  $\square P_m$  – stator cho‘lg‘amining qizishiga sarflanadi.

Tarmoqdan olingan quvvatning qolgan qismi:

$$P_{em} = P_2 - (\square P_r + \square P_M) \quad (3)$$

Bu quvvat elektromagnit maydon orqali rotorga o‘tadi va elektromagnit quvvat deyiladi. Elektromagnit quvvatning bir qismi rotor cho‘lg‘amining qizishiga sarflanib qolgan qismi rotoring aylanishiga sarflanadi, ya’ni mexanik quvvatga o‘tadi

$$P_{em} = P_2 - \square P_p \quad (4)$$

Bu ifoda  $P_2$  – mexanik quvvat. Mexanik quvvatning bir mexanik quvvatning bir  $\square P_m$  qismi ishqalanishga isrof bo‘ladi va qolgan qismi foydali quvvat bo‘lib, motor o‘qi (vali) da aylanuvchan moment hosil qiladi:

$$P_M = P_2 - (\square P_p + \square P_H) \quad (5)$$

Rotorga berilagan elektromagnit quvvat

$$P_{em} = w_o \square M \quad (6)$$

Rotoring mexanik quvvati:

$$P_{mex} = \square_1 \square M \quad (7)$$

$\square_1$  – magnit maydonning burchak tezligi:

$$\text{Bunda } \omega_0 = \frac{2\pi \cdot n_0}{60} \text{ rotoring burchak tezligi}$$

Elektromagnit va mexanik quvvatlarni tenglashtirib olamiz va bir qator soddalashtirlardan keyin quyidagi formulani chiqaramiz:

$$M = 9550 \frac{P_{MEX}}{n_1} \quad (8)$$

AsM – ning o‘qidagi aylanish moment:

$$M = k \square \square \square I_g \quad (9)$$

Bu formulada:  $k = \frac{4.44 \cdot m \cdot W_2 \cdot K_2 \cdot f_2}{w_0}$  o‘zgarmas kattalik

$$\text{Rotoring toki } I_2 = \frac{E_2^1}{Z_2} \cos \phi_2 \quad (10)$$

Demak, motorning o‘qidagi aylanuvchi moment sirpanishdan bog‘liq.

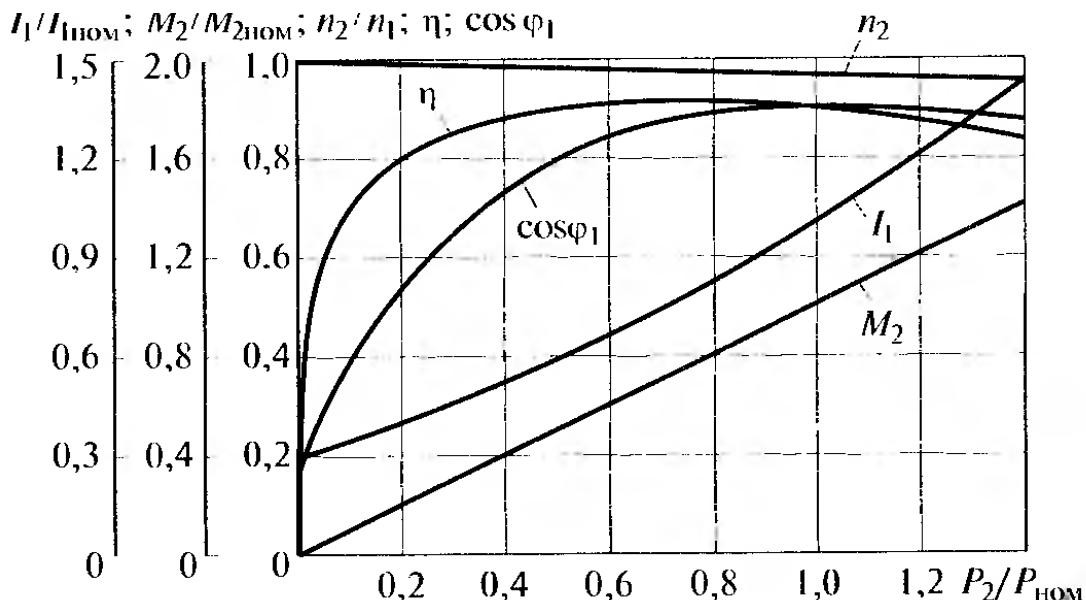
Mana formula asosida motorning aylanish momentini sirpanishdan bog‘liq grafigini chizamiz.

Grafik va formulalarning tahlili shuni ko'rsatadiki, sirpanish o dan kritik qiymatgacha o'zgarganda A.D. ning ishlashi barqaror bo'lib, sirpanish kritik qiymatdan o'zining maksimal qiymatigacha o'zgarganda A.D. barqarorsiz ishlaydi. Motorning eng katta (maksimal) qiymati kritik sirpanishga to'g'ri keladi. 1-rasmda ko'rsatilgan grafikka ko'ra motorni yurgizish paytida sirpanishga  $S = 1$  bo'lib aylanuvchi moment nominal qiymatidan kam bo'ladi,

ya'ni M aylanuvchi momentga baravar bo'lganda rotoring rejimi o'rnatiladi.

Endi A.D. rotoring vektor diagrammasini ko'ramiz. Bu vektor diagrammani magnit oqimdan boshlash ma'qul, chunki magnit maydonning kattaligi o'zgarmas bo'lib aylansa ham, shu maydonga proportional magnit oqim rotorga nisbatan o'z yo'nalishini o'zgatirmaydi. Rotorni eYUK bu oqimga nisbatan  $-90^\circ$  siljigan bo'ladi. Yurgizish paytida o'zining maksimal qiymati  $S = 1$  ega. SHu sababli rotoring toki ham maksimal bo'lib, nominal tokdan 8-12 marotaba oshadi. Lekin bu tokning aylanuvchi moment yaratadigan tashkil qiluvchisi vektor diagrammaga ko'ra katta bo'lmaydi. Rotoring aylanish tezligi ko'paygan sari sirpanish nominal qiymati –  $S = 0,01 - 0,06$  gacha kamayadi, demak rotoring toki kamayadi, lekin bu tokning aylanuvchi moment yaratadigan tashkil qiluvchisi ko'payadi. SHunday qilib, yurgizish paytida rotor toki o'zining eng katta qiymatiga ega bo'lsa ham, bu tok yaratadigan yurgizish momenti M aylanish momentining qiymatidan kam.

Motor toki, sirpanishi, istemol quvvatini, quvvat koeffitsientini va foydali ish koeffitsientini motor validagi foydali quvvatga bog'liqlik grafigiga motorni ishchi tavsiflari deb aytildi. Ishchi tavsiflar odatda tajribada quriladi. Analistik usuldan foydalananib ishchi tavsiflarni quramiz.



1-rasm. Asinxron motoring ishchi xarakteristikaları.

Ma'lumki, aylantiruvchi momentning burchak tezligiga ko'paytmasi quvvatni hosil qiladi, ya'ni

$$P = M \cdot \omega. \quad (11)$$

Asinxron motorlarda esa elektromagnit momentni stator magnit maydonining burchak tezligiga ko'paytmasi elektromagnit quvvat, quyidagicha aniqlanadi:

$$P = M \cdot \omega. \quad (12)$$

bu yerda  $\omega$  – aylanuvchan magnit oqimining burchak tezligi.

Elektromagnit quvvat rotorga aylanuvchan magnit oqim yordamida uzagilgani uchun, aylanuvchan magnit oqimining burchak tezligi orqali ifodalanadi.

Yuqoridagilardan xulosa qiladigan bo'lsak, asinxron motorlarning asosiy kamchiliklari biri, bu motorlarning umumiylar konstruktiv jihatdan bajarishda ko'p isrofli izolyasion materiallardan foydalanilganligidir. Motor magnit tizimining konstruktiv tuzilishi magnit quvvat isroflari ko'p bo'lgan magnit materiallardan iborat bo'lganligidir. Past sifatli podshipniklar qo'llanilishi motorning ishslash muddatini kamaytiradi.

Standart seriyadagi asinxron motorlarni loyihalash jarayonida uning asosiy tarkibiy qismlarida sodir bo'ladigan quvvat isroflarini kamaytirishga qaratilgan quyidagi murakkab va ko'pincha bir-biriga zid bo'lgan texnik echimlar e'tiborga olinmagan.

- motorning geometrik o'lchamlarini kichraytirish maqsadida stator chulg'amlaridagi simlarning ko'ndalang kesim yuzalarini kattalashtirilmaganligi hisobiga chulg'amlarning aktiv qarshiligini oshgan va natijada stator chulg'amlaridagi aktiv quvvat isrofini oshishi yuzaga kelgan.

- magnit induksiyasining yuqoriroq darajada bo'lishi va ishga tushirish tokining katta bo'lmashligi uchun stator pazlaridagi o'ramlar sonini oshirish natijasida stator chulg'amlaridagi aktiv quvvat isrofini ko'paygan. Magnit induksiyasining oshishi motor magnit tizimida quvvat isrofining oshishiga va quvvat koeffitsentining kamayishiga olib kelgan. Ikkinchi tomonidan asinxron motor magnit maydonining kuchlanganligi rotordagi quvvat isrofining oshishiga olib kelgan. Bunday o'ramlar sonini kamaytirish natijada motorning FIK kamayadi.

- rotor va stator orasidagi havo oralig'ini o'lchamini kamaytirilganligi hisobiga magnit maydonining yuqori chastotali garmonik tashkil etuvchilari hosil qiladigan quvvat isroflari qiymati oshgan. Biroq havo oralig'ining o'lchami kamayishi quvvat koeffitsentining oshishiga sabab bo'lgan.

- qattiq elektrotexnik po'lat listlardan tayyorlangan magnit o'zaklarni qo'llash gisterezis quvvat isroflarini ko'payishiga olib kelgan. Bunday po'latning magnit qarshiligi nisbatan yuqoriroq bo'ladi. Bunday texnologik echimning yutug'i – motor quvvat koeffitsentining biroz ko'apishi.

- motorning magnit o'zaklari uchun juda yupqa po'latlarni qo'llanilmaganligi uyurma toklardan hosil bo'ladigan quvvat isroflarining ko'payishiga olib kelgan.

- rotori qisqa tutashtirilgan asinxron motorlarning qisqa

- tutashtirilgan rotor qarshiligining qiymati motorni ishga tushirish toki va momentiga katta ta'sir etadi. Motor hosil qilayotgan aylantirish momenti hamda ishga tushirish kuchlanishi (ishga tushirish tokining juda katta qiymatga ega bo'lishi hisobiga) shunday qiymatgacha kamayishi mumkinki, natijada motor nominal tezligiga eta olmay qoladi. SHuning uchun rotori qisqa tutashtirilgan asinxron motorlarning rotorlari uchun mavjud bo'lgan ko'ndalang kesim yuzasi katta bo'lgan sterjenlardan foydalanilmagan, ularning elektr o'tkazuvchanligini oshirilmagan va provardida rotordagi aktiv quvvat isroflari ko'paygan.

- rotor pazlari joylashishi nomosligini yo'qotilmaganligi qo'shimcha quvvat isroflarini ko'payishiga olib kelgan. Bu nomoslik odatda ba'zi garmonikalarni yo'qotish yoki ta'sirini kamaytirish maqsadida ataylab qilini kerak. Ammo rotordagi pazlarni butunlay yo'qotish, motor ishlayotganda hosil bo'ladigan shovqin darajasining 2-3 dB gacha ko'tarilib oldini olish uchun qo'llanilgan.

- rotor sterjenlari izolyasiyasini yupqa po'lat plastinkalardan tayyorlanmaganligi, rotordagi rotordagi siljish toklarining ko'payishiga olib keladi va natijada rotordagi elektr energiya isrofi oshadi. Rotor chulg'ami alyuminiy sterjenlardan iborat bo'lganda, bu sterjenlarni magnit o'zagiga o'rnatishdan avval anodlashtrilishi natijasida ularning yuzasi yupqa po'lat plastinkalar bilan qoplangan.

Yuqoridagi hisobga oladigan bo'lsak, asinxron motorlarda FIK kamayishi chulg'am qarshiliklarini va magnit tiziminidagi quvvat isroflarini oshishiga sabab bo'lgan. Stator va rotor o'zaklari yuqori sifatlari po'latdan yasalgan, stator va rotor chulg'amlarida mis va alyuminiy miqdori oshirilgan, ariqchalarining o'lchamlari va stator va rotor orasidagi havo oralig'ining o'lchamlari optimal qiymatlariga keltirish tavsiya etiladi, Bu motorlarning energetik energetik ko'rsatkichlari yuqori bo'lishi bilan bir qatorda kam qiziydi (bu esa motorning ishlash muddatini uzoqroq bo'lishiga olib keladi) , ishlaganida kam shovqin chiqarib ishlaydi, quvvat koeffitsienti motorga berilayotgan kuchlanishning sifat ko'rsatkichlariga bog'liqligi sust.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-iyundagi "Energiya resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish bo'yicha qo'shimcha choratadbirlar to'g'risida"gi PQ-222-son qarori 5-ilovasi 6-bandi ijrosi yuzasidan Energiyani tejash va energiya samaradorligini oshirish usullari bo'yicha brifing .

2. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti SH.M. Mirziyoevning 2017 yil 7 fevraldag'i № PF-4947-son «2017-2011yillarda O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasi to'g'risida» gi Farmoni. WWW.LEX.UZ.

3. O.O Hoshimov, A.T Imomnazarov Elekromexanik tizimlarda energiya tejamkorligi. Darslik. Toshkent 2004 y.

4. Imomnazarov A.T. Elektr yuritma asoslari (savollar va javollarda). – Toshkent: TDTU, 2006. 28 b.

5. Imomnazarov A.T. Elektromexanik tizimlarning elementlari. Toshkent: Talqin, 2009, 155 b.

6. Braslavskiy I.YA., Energosberегayuщiy asinxronnyy elektroprivod, M.:Akademiya, 2004 g.

7. Uillyams T., «EMS dlya razrabotchikov produksii: Per. s angl.», Texnologii, 2003 g.

8. Moskalenko V.V., «Sistemy avtomatizirovannogo upravleniya elektroprivoda. Uchebnik», Infra-M, 2004 g.

**УДК: 621.316.9:620.92:658.5**

## ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH MAQSADIDA ELEKTR ENERGIYASINING SIFATINI TIZIMLI YO'LGA QO'YISH MEXANIZMI

**Boboyev G'aybulla** – Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, t. f. f. d. (PhD), dotsent,

**Nurmuxamedov Najmiddin** – O'zbekiston milliy metrologiya instituti, bo'lim boshlig'i, mustaqil tadqiqotchi, najmiddin4141@gmail.com

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada sifat tushunchasi tahlil qilindi. Mavjud standartlarda "elektr energiyasi sifati" atamasi ta'riflarining nomukammalligi

ko'rsatib o'tildi. Mavjud standartlarda "elektr energiyasi sifati" atamasi ta'rifini almashtirish taklif qilindi. Elektr energiyasining sifati murakkab xususiyatdir. Uning asosiy individual xususiyatlari: kuchlanish, kuchlanish sinusoidalligi, uch fazali kuchlanish tizimining simmetriyasi, chastota (elektr energiyasining qaysi turiga qarab) deb belgilandi. Har bir tarkib birligi elektr energiyasi sifatining tegishli ko'rsatkichlari bilan tavsiflanadi. Kerakli sifat elektr energiyasi sifati ko'rsatkichlarining standart qiymatlari bilan tartibga solinadi.

**Kalit so'zlar:** sifat; tarkib; elektr energiyasi; rejimni boshqarish; sifat ko'rsatkichlari; elektr energiyasi tizimi.

Hozirgi kundagi mavjud foydalanishdagi davlat standartlarida "elektr energiyasining sifati – daraja" deyilgan, masalan:

- ГОСТ 23875-88 "Качество электрической энергии. Термины и определения": "Elektr energiyasining sifati – elektr energiyasi parametrlarining belgilangan qiymatlariga muvofiqlik darajasi" [1].

- ГОСТ 32144-2013. "Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения": "Elektr energiyasining sifati – elektr tizimining ma'lum bir nuqtasida elektr energiyasi xususiyatlarining elektr energiyasi sifatining normallashtirilgan ko'rsatkichlari yig'indisiga muvofiqligi darajasi" [3].

- O'z DSt ISO 9000:2016 (ISO 9000:2015, IDT) Sifat menejmenti tizimlari. Asosiy qoidalar va lug'at quyidagi talqinni taklif qiladi: "sifat – o'ziga xos xususiyatlar to'plamining talablarga muvofiqligi darajasi" [4].

Ba'zan monografiya va qo'llanmalar mualliflari elektr energiyasining sifatini ta'minlash muammosini ko'rib chiqib, ushbu atama uchun ta'rif bermaydilar. Shuning uchun "elektr energiyasining sifati" tushunchasini aniqlash uchun ob'yektiv ehtiyoj mavjud.

Sifatning falsafiy kategoriyasi, biz bilganimizdek, voqelik va bilish hodisalarining muhim, universal xususiyatlari va munosabatlarini aks ettiruvchi eng umumiyl va fundamental tushunchalardir. Sifat tufayli buyumlarni farqlash mumkinligini birinchi marta yunon faylasufi Aristotel tomonidan miloddan avvalgi III asrda tahlil qilingan.

19-asrda nemis faylasufi Georg Vilgelm Fridrix Gegel sifat toifasini o'rgangan. Ularga falsafiy kategoriya sifatida sifatning asosiy ta'rifi berildi: "sifat umuman borliq bilan bir xil bo'lgan darhol aniqlikdir..." Biror narsa sifati bilan nima bo'lsa, sifatini yo'qotganda, u shunday bo'lishni to'xtatadi" Gegelning fikriga ko'ra, sifat-bu ob'yekt (yoki inson faoliyati mahsuloti) va boshqalar o'rtasidagi farqning belgisi yoki xarakteristikasi. Gegel sifat va miqdorning ajralmas birligini ta'kidladi: "muayyan miqdoriy o'zgarishlarning o'z chegarasi, o'z sifat chegarasi bor, undan tashqariga chiqish miqdor va sifatning yangi nisbatini o'rnatishga olib keladi" [7]. Misol: suv isitilganda suv bo'lishni to'xtatadi, bug'ga aylanadi, u allaqachon boshqa, o'ziga xos tarkib va xususiyatlarga ega (ya'ni, boshqa sifat).

Fridrix Engels sifatni hisobga olgan holda ikki jihatni ajratib ko'rsatdi: "Birinchidan, har bir sifatda o'lchash va kuzatish mumkin bo'lgan cheksiz ko'p miqdoriy gradatsiyalar mavjud; ikkinchidan, fazilatlar emas, balki faqat sifatga ega bo'lgan narsalar va bundan tashqari cheksiz ko'p fazilatlar mavjud".

Ojegovaning izohli lug'atida: "Sifat – ob'ekt yoki hodisani boshqalardan ajratib turadigan va unga aniqlik beradigan muhim belgilar, tarkiblar, xususiyatlari to'plami".

Xalqaro standartlashtirish tashkiloti (ISO) "sifat" tushunchasi uchun ta'rifni taklif qildi: bu "ob'ektning belgilangan yoki kutilayotgan ehtiyojlarni qondirish qobiliyati bilan bog'liq xususiyatlari to'plami. Ushbu standartga muvofiq sifat - belgilangan yoki kutilayotgan ehtiyojlarni qondirish qobiliyatini beradigan mahsulot yoki xizmatning tarkiblari va xususiyatlari to'plami" [2,3,4,5].

Mahsulot sifati konsepsiysi ГОСТ 15467-79 "Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения" davlat standarti bilan tartibga solinadi: "sifat-bu uning maqsadiga muvofiq ma'lum ehtiyojlarni qondirish uchun yaroqlilagini aniqlaydigan mahsulot xususiyatlari to'plami".

Elektr energiyasi - bu elektr energiyasi tizimining (EET) maqsadli mahsuloti, sotiladigan va sotib olinadigan tovar (tovarlarning sifati-bu mulk yoki xususiyatlari to'plami).

### ***Elektr energiyasining sifati murakkab xususiyatdir***

Elektr energiyasining sifati iste'molchilar tomonidan elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va undan foydalanishning texnologik jarayonining mukammalligini tavsiflaydi. Uning asosiy xususiyatlari: kuchlanish (standartga mos keladigan); kuchlanish sinusoidalligi; uch fazali kuchlanish tizimining simmetriyasi; chastota (elektr energiyasining qaysi turiga qarab).

"Elektr energiyasining sifati" atamasi uchun quyidagi ta'rif taklif etiladi. Elektr energiyasining sifati - bu elektr energiyasining normal ishlashiga (shu jumladan elektr energiyasi iste'molchilariga) mosligini aniqlaydigan elektr energiyasining xususiyatlari to'plamini ifodalovchi murakkab xususiyat.

Keling, "elektr energiyasining sifati" kompleks xususiyatining individual xususiyatlarini ko'rib chiqaylik.

***Kuchlanish (standartga mos keladi).*** Standart kuchlanish ГОСТ 29322-2014 (IEC 60038:2009) ga muvofiq qabul qilinadi. Standart kuchlanishlarning kiritilishi elektr energiyasi sifatidagi tegishli o'zgarishlarni nazarda tutadi. Bir standart kuchlanishdan ikkinchisiga o'tish elektr energiyasining miqdori (kuchlanish darjasasi – "kattaligi" degan ma'noni anglatadi) va sifatining yangi nisbatini o'rnatishga olib keladi. Shunday qilib, masalan, yuqori kuchlanishga o'tish elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatish uchun zarurdir, chunki bu, ma'lumki, uning yo'qotishlarini kamaytiradi.

***Kuchlanishning sinusoidalligi.*** Sinusoidal kuchlanish - bu sinusoidal qonunga muvofiq o'zgarib turadigan o'zgaruvchan kuchlanish. EETdagi kuchlanishning sinusoidalligi generatorlarning tegishli konstruksiyalari bilan ta'minlanadi.

Kuchlanishning sinusoidal tabiatini elektr energiyasini eng tejamkor ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va ishlatishtiga imkon beradi.

***Uch fazali kuchlanish tizimining simmetriyasi.*** Uch fazali tizim har bir fazaning kuchlanishlari va oqimlari bir xil amplituda bo'lsa va amplitudaning fazali siljishi 120 daraja bo'lsa, nosimmetrik hisoblanadi. Ushbu shartlarga javob bermaydigan tizim nosimmetrik emas deb ataladi.

***Chastota.*** Generatorning EYUK chastotasi rotorning aylanish tezligiga va uning rotorining juft qutblari soniga mutanosibdir

$$f = p \cdot \frac{n}{60}$$

bu yerda  $p$ -qutb juftlarining soni;  $n$ -rotorning aylanish tezligi (ay/min).

Elektr taqchilligi sharoitida elektr stansiyasidagi chastota kamayadi. Bug' turbinalari ishlab chiqaruvchilari ularni yo'q qilishning oldini olish uchun elektr stansiyasida chastota o'zgarishlarining ruxsat etilgan diapazonini ko'rsatadilar.

O'zgaruvchan tok chastotasi barcha mamlakatlarda bir xil emas. O'zbekistonda, Rossiyada va boshqa bir qator mamlakatlarda u 50 Hz, masalan, AQSH va Kanadada – 60 Hz.

### ***Elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlari***

Elektr energiyasining sifatini baholash va boshqarish uchun elektr energiyasi sifatining individual xususiyatlarining miqdoriy xususiyatlari – elektr energiyasi sifatining ko'rsatkichlari qo'llaniladi. Xususiyatlarning har biri elektr energiyasi sifatining bir nechta ko'rsatkichlari bilan tavsiflanishi mumkin.

Kerakli sifat elektr energiyasining elektr stansiyalarining (shu jumladan elektr energiyasi iste'molchilarining) normal ishlashi uchun yaroqliligini belgilaydigan talablarni hisobga olgan holda ko'rsatkichlarning standart qiymatlari bilan tartibga solinadi. Shu bilan birga, elektr stansiyasining rejimini boshqarish imkoniyatlari hisobga olinadi. Elektr energiyasi sifatining ko'rsatkichlari fizik o'lhash birliklarida (masalan, volt, Gers) yoki an'anaviy o'lhash birliklarida ifodalanishi mumkin. Elektr energiyasi sifatining ko'rsatkichlari odatda interval shaklida o'rnatiladi (boshqariladigan qiymat qiymatlarining ruxsat etilgan o'zgarishi diapazoni), unda boshqariladigan qiymat belgilangan qiymatdan kam bo'lмагan ehtimollik bilan joylashgan bo'lishi kerak. Ruxsat etilgan intervallar (odatda ruxsat etilgan va maksimal ruxsat etilgan), shuningdek, boshqariladigan qiymatlarning ushbu intervallarda joylashishi ehtimoli elektr stansiyasidagi yukga (minimal yoki maksimal) bog'liq [7,8,9].

Masalan, ГOCT 13109 ga muvofiq 11 asosiy ko'rsatkichlar taklif etiladi. Elektr energiyasi sifatining individual xususiyatlarga ko'ra ular quyidagicha taqsimlanadi.

Birlik tarkibi *kuchlanish*-ko'rsatkichlari:

- barqaror holatdagi kuchlanish og'ishi;
- kuchlanish diapazoni o'zgarishi;
- fliker dozsi;
- kuchlanish pasayishining davomiyligi;
- puls kuchlanishi;
- vaqtinchalik kuchlanish koeffisiyenti.

Yagona tarkib *kuchlanish* sinusoidallik - ko'rsatkichlar:

- kuchlanish egri sinusoidalligining buzilish koeffisiyenti;
- kuchlanishning n -garmonik komponentining koyeffisiyenti.

*Uch fazali kuchlanish tizimining birlik xususiyati simmetriyasi* - ko'rsatkichlar:

- teskari ketma-ketlikdagi kuchlanishlarning nosimmetrik koyeffisiyenti;
- nol ketma-ketlikda kuchlanish muvozanati nosimmetrik koyeffisiyenti.

Birlik xususiyati *chastotasi* - ko'rsatkichlar-chastotaning og'ishi [1,2,8,9].

Hech qanday asoslanmagan holda, elektr energiyasi sifatining individual ko'rsatkichlari uchun ruxsat etilgan qiymatlar diapazoni o'zgardi. Masalan, sekin kuchlanish o'zgarishi bilan bog'liq ko'rsatkichlar uchun ГOCT 32144-2013 ga muvofiq elektr energiyasini uzatish nuqtasida ijobiy va salbiy kuchlanish og'ishlari

bir hafta vaqt oralig‘ining 10% davomida nominal yoki kelishilgan kuchlanishning 100% dan oshmasligi kerak. Shu bilan birga, ГОСТ 13109-97 odatda ruxsat etilgan qiymatlarni (-5% dan +5% gacha) va maksimal ruxsat etilgan qiymatlarni (-10% dan +10% gacha) elektr stansiyalarida minimal va maksimal yuklarning soatlari uchun mos ravishda barqaror holatdagi kuchlanishdan og‘ishlarni beradi. ГОСТ 32144–2013 ga muvofiq ruxsat etilgan kuchlanish og‘ishlari oralig‘ini kengaytirish yetkazib beriladigan elektr energiyasiga bo‘lgan sifat talablarini pasaytiradi. Bundan tashqari, ushbu standart oxirgi qabul qiluvchilarda elektr energiyasining sifati uchun javobgarlikni olib tashlaydi [3,4,5].

Tahlil etilgan ma’lumotlar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. “Sifat” toifasi bo‘yicha tahlil o’tkazildi. Mayjud standartlarda “elektr energiyasi sifati” atamasi uchun ta’riflarning nomukammalligi ko‘rsatilgan, bu erda “sifat – daraja” Daraja - sifat bo‘la olmaydigan miqdor, o‘lchov yoki raqam.

2. Mayjud standartlarda “elektr energiyasi sifati” atamasining ta’rifini almashtirish kerak. Bu quyidagicha bo‘lishi kerak: “Elektr energiyasining sifati - bu elektr energiyasining elektr energiyasi tizimining (shu jumladan elektr energiyasi iste’molchilarining) normal ishlashi uchun yaroqliligin belgilaydigan murakkab xususiyatdir.”

3. Elektr energiyasining sifati murakkab xususiyatdir. Uning asosiy birlik xususiyatlari quyidagilardir: kuchlanish, kuchlanish sinusoidalligi, uch fazali kuchlanish tizimining simmetriyasi, chastota (qaysi turdag‘i elektr energiyasi ko‘rib chiqilayotganiga qarab).

4. Har bir alohida xususiyat elektr energiyasi sifatining tegishli ko‘rsatkichlari bilan tavsiflanadi. Kerakli sifat elektr energiyasi sifat ko‘rsatkichlarining standart qiymatlari bilan tartibga solinadi.

## **Adabiyotlar**

1. Gaybullayev Boboyev, Najmiddin Nurmuxamedov. Elektr energiyasining asosiy parametrlarini o‘lchash: muammolar va yechimlar. “Standart” ilmiy-texnik jurnali, 2021/2-son, 36-37-betlar
2. ГОСТ 23875–88 “Качество электрической энергии. Термины и определения”. М.: Изд-во стандартов, 1988г. 62 с.
3. ГОСТ 32144–2013 “Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения” М.: Изд-во стандартов, 2013г. 16 с.
4. O‘z DSt ISO 9000:2016 (ISO 9000:2015, IDT) “Sifat menejmenti tizimlari. Asosiy qoidalari va lug‘at” Standartlar nashriyoti, 2016y. 51-bet.
5. ГОСТ 15467–79 “Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения” М.: Изд-во стандартов, 1979г.
6. ГОСТ 29322-2014 (IEC 60038:2009) “Межгосударственный стандарт. Стандартные напряжения” М.: Изд-во стандартов, 2015г.
7. Прохоров Ю.К. Управление качеством: учеб. пособие. СПб.: ГУИТМО, 2007. 144 с.
8. Dubitsky M.A. RELIABILITY OF ENERGY SYSTEMS. Reliability: Theory & Applications. Elektronic journal of international group on reliability. ISSN 1932-2321. Vol. 8. № 3, issue of September’ 2013г.
9. Дубицкий М.А. Надежность энергоснабжения и безопасность систем энергетики // Вестник ИрГТУ. 2013г. № 9 (80). С. 211–216.

## ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH VA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARIDAN FOYDALANISH MUAMMOLARI.

**Hajiyev Nurbek Matyakubovich** – O'zbekiston milliy metrologiya institute Davlat muassassasi Xorazm filiali boshlig'i

**Annotatsiya:** Ushbu maqola energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish sohasidagi muammolarni ilmiy tahlil qiladi hamda innovatsion yechimlarni taqdim etadi. Maqolada infratuzilma, yuqori xarajatlar, energiya saqlash muammolari va ijtimoiy-siyosiy to'siqlar kabi qiyinchiliklar ko'rib chiqiladi. Shu bilan birga, aqlii tarmoqlar, yangi materiallar, energiya saqlash texnologiyalari va global hamkorlik kabi yechimlar taklif qilinadi. O'zbekiston kontekstida barqaror energiya kelajagi uchun amaliy takliflar berilgan.

**Kalit so'zlar:** Energiya samaradorligi, qayta tiklanuvchi energiya, infratuzilma, energiya saqlash, innovatsion texnologiyalar, global hamkorlik, O'zbekiston, iqlim o'zgarishi, barqarorlik, aqlii tarmoqlar.

**Аннотация:** Статья посвящена научному анализу проблем повышения энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии, а также представлению инновационных решений. Рассматриваются такие трудности, как инфраструктура, высокие затраты, проблемы хранения энергии и социально-политические барьеры. Предлагаются решения, включая интеллектуальные сети, новые материалы, технологии хранения энергии и международное сотрудничество. В контексте Узбекистана даны практические рекомендации для обеспечения устойчивого энергетического будущего.

**Ключевые слова:** Энергоэффективность, возобновляемая энергия, инфраструктура, хранение энергии, инновационные технологии, международное сотрудничество, Узбекистан, изменение климата, устойчивость, интеллектуальные сети.

**Abstract:** This article provides a scientific analysis of the challenges in enhancing energy efficiency and utilizing renewable energy sources, while offering innovative solutions. It examines issues such as outdated infrastructure, high costs, energy storage challenges, and socio-political barriers. Proposed solutions include smart grids, new materials, energy storage technologies, and global cooperation. Practical recommendations are provided for building a sustainable energy future in the context of Uzbekistan.

**Keywords:** Energy efficiency, renewable energy, infrastructure, energy storage, innovative technologies, global cooperation, Uzbekistan, climate change, sustainability, smart grids.

Bugungi kunda insoniyat global iqlim o'zgarishi, resurslar tanqisligi va ekologik muammolar kabi jiddiy sinovlar bilan yuzlashmoqda. Karbonat angidrid

(CO<sub>2</sub>) chiqindilari atmosferada to'planib, global haroratning ko'tarilishiga olib kelmoqda, bu esa tabiiy ofatlarning ko'payishi, qishloq xo'jaligi hosildorligining pasayishi va aholining sog'lig'iga tahdid solmoqda. Ushbu muammolarni hal qilishda energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish asosiy yo'nalishlardan biri sifatida ko'rilmoxda. Quyosh, shamol, gidroenergiya va geotermal energiya kabi manbalar an'anaviy fossil yoqilg'ilarga (neft, gaz, ko'mir) muqobil sifatida tobora ko'proq e'tibor qozonmoqda. Biroq, bu jarayon silliq kechmayapti – yuqori xarajatlar, eskirgan infratuzilma, texnologik chekllovlar va ijtimoiy-siyosiy to'siqlar katta qiyinchiliklar tug'dirmoqda. Energiya samaradorligi deganda, mavjud resurslardan maksimal darajada foydalanish va energiya yo'qotishlarini minimallashtirish tushuniladi. Bu nafaqat iqtisodiy jihatdan foydali, balki ekologik barqarorlikni ta'minlashning muhim vositasidir. Masalan, eski elektr tarmoqlari va samarasiz uskunalardan foydalanish energyaning katta qismini behuda yo'qotishga olib keladi. Dunyo bo'yicha energiya iste'molining sezilarli qismi isitish, yoritish va sanoat jarayonlarida sarflanadi, ammo bu jarayonlarda samaradorlik ko'pincha past bo'lib qolmoqda. Xalqaro Energetika Agentligi (IEA) ma'lumotlariga ko'ra, agar energiya samaradorligini oshirish bo'yicha global choralar ko'rilsa, 2030-yilga kelib CO<sub>2</sub> chiqindilarini 12% ga kamaytirish mumkin bo'lardi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari esa toza va cheksiz resurslarga asoslanadi. Quyosh energiyasi va shamol energiyasi dunyoning turli mintaqalarida keng tarqalgan bo'lib, ularni mahalliy darajada ishlatish imkonini beradi. Masalan, Avstraliyada 2,3 milliondan ortiq uylarda quyosh panellari o'rnatilgan bo'lib, bu aholining energiya xarajatlarini kamaytirish bilan birga, ekologik yukni ham pasaytimoqda. Biroq, bu manbalar tabiiy sharoitlarga bog'liq bo'lib, doimiy emasligi (quyoshning faqat kunduzi porlashi, shamolning o'zgaruvchanligi) tufayli qo'shimcha saqlash tizimlari va infratuzilma talab qiladi.

**Energiya samaradorligini oshirish** nafaqat iqlim o'zgarishiga qarshi kurashda, balki iqtisodiy va ijtimoiy rivojlanishda ham muhim rol o'ynaydi. Dunyoning ko'p mamlakatlarida energiya infratuzilmasi o'tgan asrning 50-60-yillarida qurilgan bo'lib, ularning 50 yillik xizmat muddati allaqachon tugagan. Masalan, AQSh va Yevropadagi elektr tarmoqlarining aksariyati shu davrga oid bo'lib, ular zamonaviy talablarga javob bera olmaydi. O'zbekistonda ham sovet davridan qolgan infratuzilma hali ham faol ishlatilmoqda, ammo uning samaradorligi va ishonchliligi tobora pasaymoqda. Energiya yo'qotishlari asosan eski quvurlar, transformatorlar va samarasiz isitish tizimlari tufayli yuzaga keladi. Masalan, issiqlik energiyasining 30-40% gacha qismi yo'lda yo'qolishi odatiy hol hisoblanadi. Bunday yo'qotishlarni kamaytirish uchun zamonaviy texnologiyalar, masalan, aqlii tarmoqlar va yuqori samarali izolyatsiya materiallari kerak. Shu bilan birga, energiya samaradorligi iqtisodiy jihatdan ham foydalidir – u iste'molchilar uchun xarajatlarni kamaytiradi va davlatlar uchun importga qaramlikni pasaytiradi.

**Qayta tiklanuvchi energiya manbalari** iqlim o'zgarishiga qarshi kurashda eng samarali yechimlardan biri sifatida qaralmoqda. Fossil yoqilg'ilalar yonishi natijasida chiqadigan CO<sub>2</sub> va boshqa zararli gazlar atmosferani ifloslantirsa, quyosh va shamol energiyasi toza va xavfsizdir. Masalan, IRENA (Xalqaro Qayta Tiklanuvchi

Energiya Agentligi) hisobotiga ko'ra, 2010-2020-yillar oralig'ida quyosh energiyasining narxi 85% ga, shamol energiyasining narxi esa 56% ga tushgan. Bu esa ularni iqtisodiy jihatdan raqobatbardosh qilmoqda. Ammo bu manbalar keng miqyosda joriy etilishi bir qator muammolarni keltirib chiqarmoqda. Masalan, quyosh panellarini o'rnatish uchun katta maydonlar talab qilinadi, bu esa qishloq xo'jaligi yerlari bilan raqobatga olib kelishi mumkin. Shu bilan birga, shamol turbinalari mahalliy ekotizimlarga ta'sir qilishi va shovqin muammosini keltirib chiqarishi ehtimoli bor. O'zbekiston kabi quyosh nurlari mo'l bo'lgan mamlakatlarda bu resursdan foydalanish katta salohiyatga ega, ammo hozircha infratuzilma va moliyaviy cheklovlar bu jarayonni sekinlashtirmoqda.

Ushbu **maqola energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish** sohasidagi dolzarb muammolarni ilmiy jihatdan tahlil qilishga bag'ishlanadi. Maqsad – mavjud to'sislarni aniqlash, ularga innovatsion yechimlar taklif qilish va O'zbekiston kabi rivojlanayotgan mamlakatlar uchun barqaror energiya kelajagini shakllantirish imkoniyatlarini ko'rib chiqishdir. Maqolada global tajribalar, ilmiy tadqiqotlar va mahalliy sharoitlar asosida amaliy takliflar beriladi.

Tahlil jarayonida quyidagi asosiy masalalar ko'rib chiqiladi:

- Energiya samaradorligini oshirishdagi texnologik va iqtisodiy muammolar;
- Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishdagi infratuzilmaviy va tabiiy cheklovlar;
- Innovatsion yechimlar, jumladan, energiya saqlash tizimlari va aqlii texnologiyalar;
- Global hamkorlik va siyosiy yordamning ahamiyati.

O'zbekiston misolida, mamlakatning quyosh va shamol energiyasi salohiyatidan foydalanish imkoniyatlari, shuningdek, mavjud infratuzilmani modernizatsiya qilish zarurati alohida e'tibor markazida bo'ladi. Maqola nafaqat muammolarni yoritish, balki ularni hal qilish uchun real yechimlar taklif qilishga qaratilgan.

Dunyo bo'yicha energiya iste'molining 80% dan ortig'i hali ham fossil yoqilg'ilarga to'g'ri keladi. Bu esa nafaqat iqlim o'zgarishini kuchaytiradi, balki havoning ifloslanishiga ham sabab bo'lmoqda. Masalan, Xitoy va Hindiston kabi yirik mamlakatlarda ko'mirga asoslangan elektr stansiyalari hali ham asosiy energiya manbai bo'lib qolmoqda. Shu bilan birga, rivojlangan mamlakatlarda (AQSh, Yevropa Ittifoqi) qayta tiklanuvchi energiyaga o'tish jarayoni tezlashmoqda. 2015-yildagi Parij kelishuvi davlatlarni CO<sub>2</sub> chiqindilarini kamaytirishga majbur qilgan bo'lsa-da, amalda bu maqsadlarga erishish sekin kechmoqda. Rivojlanayotgan mamlakatlar uchun esa bu jarayon yanada murakkab. Masalan, Afrikada 800 milliondan ortiq odam hali ham elektr energiyasidan foydalana olmaydi (IEA, 2024). Bunday sharoitda energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanuvchi manbalarga o'tish nafaqat ekologik, balki ijtimoiy muammo sifatida ham qaralmoqda.

O'zbekistonda ham aholining energiyaga bo'lgan ehtiyoji oshib borayotgani bois, mavjud resurslardan samarali foydalanish dolzarb ahamiyatga ega.

**Energiya samaradorligini oshirish** zamonaviy dunyoda barqaror rivojlanishning asosiy shartlaridan biridir. Bu jarayon energiya resurslaridan maksimal darajada foydalanish, yo'qotishlarni kamaytirish va iqtisodiy samarani oshirishni anglatadi. Biroq, ushbu maqsadga erishish yo'lida ko'plab to'siqlar mavjud: eskirgan infratuzilma, texnologik cheklovlar, moliyaviy qiyinchiliklar va ijtimoiy-siyosiy omillar. Ushbu bo'limda energiya samaradorligini oshirishdagi asosiy muammolar ilmiy jihatdan tahlil qilinadi va ularning global hamda mahalliy kontekstdagi oqibatlari ko'rib chiqiladi.

Energiya samaradorligini oshirishdagi **eng katta to'siqlardan** biri hozirgi infratuzilmaning eskirganligidir. Dunyoning ko'p mamlakatlarida elektr tarmoqlari, issiqlik tizimlari va energiya taqsimlash tarmoqlari o'tgan asrning o'rtalarida qurilgan. Masalan, AQSh va Yevropadagi elektr uzatish liniyalarining aksariyati 1950-1960-yillarda barpo etilgan bo'lib, ularning xizmat muddati 50 yildan oshgan. O'zbekistonda ham sovet davridan qolgan infratuzilma hali ham asosiy rol o'yndaydi, ammo uning samaradorligi va ishonchligi tobora pasaymoqda. Esqi tarmoqlar energiya yo'qotishlarining asosiy sabablaridan biridir. Masalan, elektr energiyasini uzatish va taqsimlash jarayonida 10-15% gacha energiya yo'qolishi odatiy hol sifatida qayd etiladi. Issiqlik tarmoqlarida esa bu ko'rsatkich 30-40% gacha yetishi mumkin. Buning sababi sifatida eski transformatorlar, izolyatsiyasi yomonlashgan quvurlar va samarasiz uskunalarini keltirish mumkin. Xalqaro Energetika Agentligi (IEA) ma'lumotlariga ko'ra, global miqyosda energiya yo'qotishlarining yillik iqtisodiy zararini milliardlab dollarga baholash mumkin. O'zbekiston misolida, issiqlik va elektr energiyasi tarmoqlarining eskirganligi aholining energiya ta'minotidagi uzilishlar va xarajatlarni oshishiga olib kelmoqda. Masalan, qish mavsumida issiqlik ta'minotidagi muammolar ko'pincha eski quvurlarning yaroqsiz holatda ekanligi bilan bog'liq. Shu bois, infratuzilmani modernizatsiya qilish energiya samaradorligini oshirishning eng muhim shartlaridan biridir.

Energiya samaradorligini oshirish uchun zamonaviy texnologiyalarni joriy qilish zarur, ammo bu jarayon o'ziga xos **qiyinchiliklarni** keltirib chiqaradi. Masalan, aqlii tarmoqlar energiya taqsimotini optimallashtirish va yo'qotishlarni kamaytirish imkonini bersa-da, ularni o'rnatish va boshqarish yuqori texnologik bilim va resurslarni talab qiladi. Aqlii tarmoqlar real vaqt rejimida energiya iste'molini monitoring qilib, talab va taklifni muvozanatlashtiradi, ammo ularning integratsiyasi uchun mavjud tarmoqlarni butunlay yangilash kerak. Bundan tashqari, energiya samarali uskunalarini (masalan, LED lampalar, yuqori samarali motorlar) ishlab chiqarish va ulardan foydalanish keng tarqalmagan. Rivojlanayotgan mamlakatlarda, shu jumladan O'zbekistonda, aholining ko'p qismi hali ham arzon, ammo samarasiz texnologiyalardan foydalanadi. Masalan, oddiy lampochkalar LED lampalarga nisbatan 5-10 barobar ko'proq energiya sarflaydi, lekin ularning dastlabki narxi pastligi sababli aholida mashhur. Shu sababli, texnologik yangilanish jarayoni sekin kechmoqda.

Energiya samaradorligini oshirish uchun katta **moliyaviy sarmoya talab qilinadi**. Infratuzilmani yangilash, zamonaviy uskunalarni o'rnatish va tadqiqotishlab chiqarish (R&D) loyihalarni moliyalashtirish davlatlar va xususiy sektordan katta mablag' ajratishni talab qiladi. Masalan, eski elektr tarmoqlarini modernizatsiya qilishning bir kilometri o'rtacha 100 ming dollardan 1 million dollargacha xarajat talab qilishi mumkin. Rivojlanayotgan mamlakatlar uchun bu xarajatlar yanada og'ir yuk bo'lib qolmoqda. Masalan, O'zbekiston kabi davlatlar energiya infratuzilmasini yangilash uchun xalqaro kreditlar va grantlarga tayanishi kerak, ammo bu qarz yukini oshirishi mumkin. Shu bilan birga, xususiy sektorning qiziqishi ham cheklangan – chunki energiya samaradorligi loyihalari odatda uzoq muddatli daromad keltiradi, bu esa investorlar uchun yuqori xavf deb baholanadi.

Energiya samaradorligini oshirish nafaqat texnik, balki **ijtimoiy va siyosiy masaladir**. Aholining bilim darajasi va xabardorligi bu jarayonda muhim rol o'ynaydi. Masalan, ko'p odamlar energiya tejashning afzalliklari haqida yetaricha ma'lumotga ega emas yoki qimmatroq, lekin samarali uskunalarni sotib olishga tayyor emas. O'zbekistonda ham aholining energiya tejash madaniyati hali to'liq shakllanmagan, bu esa samaradorlik choralarining samarasini pasaytirmoqda. Siyosiy jihatdan esa, hukumatlarning subsidiyalar va qonunchilikdagi yondashuvi katta ahamiyatga ega. Masalan, ko'p mamlakatlarda fossil yoqilg'i narxlarini past tutish uchun subsidiyalar beriladi, bu esa energiya tejashga bo'lgan rag'batni kamaytiradi. O'zbekistonda ham gaz va elektr energiyasi narxlari sun'iy ravishda past darajada ushlab turilgan davrlar bo'lgan, bu esa aholini samarali texnologiyalarga o'tishga undamagan.

Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, energiya samaradorligini oshirish global CO<sub>2</sub> chiqindilarini kamaytirishning **eng tezkor va samarali usullaridan** biridir. Masalan, IEA hisobotlariga ko'ra, agar 2030-yilga qadar energiya samaradorligi bo'yicha global investitsiyalar ikki barobarga oshirilsa, yillik energiya iste'moli 15% ga qisqarishi mumkin. Bu esa nafaqat iqlim o'zgarishini sekinlashtiradi, balki davlatlarning energiya xavfsizligini ham oshiradi. Biroq, agar ushbu muammolar hal etilmasa, oqibatlar jiddiy bo'lishi mumkin. Energiya yo'qotishlari davom etsa, resurslarning behuda sarflanishi iqtisodiy va ekologik inqirozlarni keltirib chiqaradi. Masalan, O'zbekiston kabi rivojlanayotgan mamlakatlarda energiya ta'minotidagi uzilishlar sanoat va qishloq xo'jaligi samaradorligiga putur yetkazadi. Global miqyosda esa, samarasiz energiya tizimlari iqlim o'zgarishi jarayonini tezlashishi mumkin.

**O'zbekiston uchun energiya samaradorligini oshirish** alohida ahamiyatga ega, chunki mamlakat energiya resurslariga boy bo'lsa-da, ularning samarasiz ishlatalishi katta muammo bo'lib qolmoqda. Masalan, gazga asoslangan issiqlik stansiyalari va eski elektr tarmoqlari energiya ta'minotidagi asosiy zaif nuqtalardir. Shu bilan birga, mamlakatning iqlim sharoiti quyosh va shamol energiyasidan foydalanish uchun katta imkoniyatlar beradi, ammo bu resurslarni samarali boshqarish uchun infratuzilma yetishmaydi. Hukumat tomonidan so'nggi yillarda energiya samaradorligini oshirish bo'yicha bir qator choralar ko'rilmoxda. Masalan, 2020-yilda "Energiya tejash va energiya samaradorligini oshirish

to‘g‘risida”gi qonun loyihasi qabul qilingan edi. Biroq, amalda bu choralarni joriy etish sekin kechmoqda, chunki moliyaviy resurslar va texnik tajriba yetishmasligi muammo bo‘lib qolmoqda.

**Qayta tiklanuvchi energiya manbalari** – quyosh, shamol, gidroenergiya va geotermal energiya – iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashda va barqaror energiya ta’minotini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Ular toza, cheksiz va ekologik jihatdan xavfsiz bo‘lib, fossil yoqilg‘ilarga (neft, gaz, ko‘mir) muqobil sifatida tobora ko‘proq e’tibor qozonmoqda. Biroq, bu manbalardan keng miqyosda foydalanish bir qator jiddiy qiyinchiliklar bilan bog‘liq: yuqori boshlang‘ich xarajatlar, infratuzilmaviy cheklovlar, tabiiy sharoitlarning o‘zgaruvchanligi, energiya saqlash muammolari hamda ijtimoiy-siyosiy to‘sqliar. Ushbu bo‘limda ushbu qiyinchiliklar ilmiy jihatdan tahlil qilinadi va ularning global hamda O‘zbekiston kontekstidagi ta’siri ko‘rib chiqiladi.

Qayta tiklanuvchi energiya tizimlarini joriy etishning eng katta to‘sqliaridan biri ularning yuqori **boshlang‘ich xarajatları** hisoblanadi. Masalan, katta miqyosli quyosh elektr stansiyasini o‘rnatish har bir kilovatt uchun o‘rtacha 2000 dollar, kichik uy quyosh tizimlari esa 3700 dollar turadi. Shu bilan solishtirganda, gazga asoslangan yangi elektr stansiyasining har bir kilovatti atigi 1000 dollarga tushadi. Bu katta farq investorlar va moliyaviy institutlar uchun qayta tiklanuvchi energiyani “xavfli” sarmoya sifatida ko‘rishga sabab bo‘lmoqda. Rivojlanayotgan mamlakatlar uchun bu xarajatlar yanada og‘ir yukdir. Masalan, O‘zbekistonda quyosh va shamol energiyasidan foydalanish salohiyati yuqori bo‘lsa-da, infratuzilma va uskunalarini import qilish uchun katta mablag‘lar kerak. Xalqaro Renewable Energy Agency (IRENA) ma’lumotlariga ko‘ra, quyosh energiyasining narxi 2010-2020-yillarda 85% ga arzonlashgan bo‘lsa-da, dastlabki sarmoya hali ham ko‘p davlatlar uchun muammo bo‘lib qolmoqda. Shu sababli, hukumatlar subsidiyalar va xalqaro grantlarga tayanishga majbur, ammo bu uzoq muddatli qarzlarni oshirishi mumkin.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish uchun zamonaviy **infratuzilma zarur**, ammo hozirgi tarmoqlarning aksariyati fossil yoqilg‘i va yadroviy stansiyalar uchun qurilgan. Masalan, quyosh va shamol energiyasi manbalari ko‘pincha shahar markazlaridan uzoqda, infratuzilmasi zaif hududlarda joylashgan. Bu energiyani uzatish uchun yangi liniyalar va transformatorlar qurishni talab qiladi, bu esa qo‘srimcha xarajatlarni keltirib chiqaradi. O‘zbekiston misolida, mamlakatning janubiy va shimoli-g‘arbiy hududlari quyosh va shamol energiyasi uchun ideal bo‘lsa-da, bu hududlarda elektr tarmoqlari yetarli darajada rivojlanmagan. Eski tarmoqlar esa qayta tiklanuvchi energiyaning o‘zgaruvchan tabiatiga moslasholmaydi. Masalan, shamol turbinalari yoki quyosh panellari tomonidan ishlab chiqarilgan energiya oqimi doimiy emas, bu esa tarmoqning barqarorligiga tahdid soladi. Shu sababli, infratuzilmani modernizatsiya qilish qayta tiklanuvchi energiyani rivojlantirishning asosiy shartlaridan biridir.

Quyosh va shamol energiyasining asosiy kamchiliklaridan biri ularning **tabiiy sharoitlarga bog‘liqligi** va doimiy emasligidir. Quyosh faqat kunduzi porlaydi, shamol esa har doim bir xil tezlikda esmaydi. Bu esa energiya ishlab chiqarishning uzluksizligini ta’minlashda katta muammo tug‘diradi. Masalan, kechasi yoki shamol

sekinlashganda energiya ta'minoti to'xtab qolishi mumkin, bu esa iste'molchilar uchun noqulayliklar keltirib chiqaradi. Fossil yoqilg'i stansiyalari esa doimiy va bashorat qilinadigan energiya manbai bo'lib, talabga qarab ishlab chiqarishni sozlash imkonini beradi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining bu muammosini hal qilish uchun yuqori sig'imli saqlash tizimlari kerak, ammo bu tizimlar hali ham qimmat va keng tarqalmagan. O'zbekiston kabi iqlimi quyoshli mamlakatlarda kunduzi energiya ortiqcha ishlab chiqarilishi mumkin, lekin uni kechasi ishlatish uchun saqlash imkoniyati cheklangan.

**Energiya saqlash tizimlari** qayta tiklanuvchi energiyaning uzluksiz ta'minotini ta'minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Masalan, batareyalar ortiqcha energiyani saqlab, talab yuqori bo'lgan paytda ishlatish imkonini beradi. Biroq, zamonaviy batareyalar (litiy-ion tizimlari) hali ham qimmat va ishlab chiqarish jarayoni ekologik jihatdan muammoli. Masalan, bir kilovatt-soat sig'imli batareyaning narxi 150-200 dollar atrofida bo'lib, bu katta miyosli loyihibar uchun katta xarajatlarni talab qiladi. Bundan tashqari, batareyalarning xizmat muddati cheklangan – o'rtacha 10-15 yil – va ularni qayta ishlash jarayoni hali to'liq yo'lga qo'yilmagan. O'zbekistonda energiya saqlash tizimlari deyarli mavjud emas, bu esa quyosh va shamol energiyasidan foydalanishni qiyinlashtirmoqda. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, batareya narxlari kelajakda pasayishi kutilmoqda, ammo hozircha bu muammo hal bo'lmagan.

Qayta tiklanuvchi energiyaga o'tish jarayoni **ijtimoiy va geosiyosiy** jihatdan ham qiyinchiliklarni keltirib chiqarmoqda. Fossil yoqilg'i sanoati ko'p mamlakatlarda iqtisodiyotning asosiy tarmoqlaridan biri bo'lib, unda millionlab odamlar ishlaydi. Masalan, Avstraliya dunyoning eng yirik ko'mir eksportchilaridan biri sifatida qayta tiklanuvchi energiyaga o'tishda sekin harakat qilmoqda, chunki bu iqtisodiyot va ish o'rirlariga ta'sir qiladi. O'zbekistonda ham gaz va neftga asoslangan energiya tizimi iqtisodiyotning muhim qismidir. Qayta tiklanuvchi energiyaga o'tish esa yangi ish o'rnlarni yaratishi bilan birga, an'anaviy sohada ishlayotganlar uchun xavf tug'diradi. Shu bilan birga, aholining qayta tiklanuvchi energiya haqidagi bilim darajasi pastligi ham muammo bo'lib qolmoqda. Masalan, ko'p odamlar quyosh panellarining afzalliklari haqida yetarlicha ma'lumotga ega emas yoki ularni o'rnatishga moliyaviy imkoniyati yo'q. Geosiyosiy nuqtai nazardan, rivojlanayotgan mamlakatlar (jumladan, global janub) qayta tiklanuvchi energiyaga o'tishni "g'arb bosimi" sifatida qabul qilmoqda. Masalan, Afrika davlatlari rahbarlari (Nigeriya va Uganda prezidentlari kabi) iqlim o'zgarishi uchun asosiy javobgarlik rivojlangan mamlakatlarda ekanligini ta'kidlab, o'zlarining rivojlanish huquqini himoya qilmoqda. Bu esa global hamkorlikka putur yetkazmoqda.

**Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki**, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish CO<sub>2</sub> chiqindilarini kamaytirishda samarali, ammo uning keng tarqalishi uchun infratuzilma va saqlash tizimlari muammolari hal qilinishi kerak. Masalan, Yevropa Ittifoqida shamol va quyosh energiyasi 2030-yilga qadar energiya iste'molining 40% ini tashkil qilishi rejalashtirilgan, ammo bu maqsadga erishish uchun milliardlab evro investitsiya kerak. O'zbekiston uchun esa qayta tiklanuvchi energiya salohiyati katta: mamlakatda yiliga 300 dan ortiq quyoshli kun

mavjud, bu quyosh energiyasidan foydalanish uchun ideal sharoit yaratadi. Biroq, hozircha bu salohiyatdan foydalanish darajasi past – 2023-yil holatiga ko'ra, qayta tiklanuvchi energiya umumiy energiya ishlab chiqarishning atigi 10% ini tashkil qiladi.

Energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishdagi muammolarni yengish uchun **innovatsion yechimlar zarur**. Yuqori xarajatlar, eskirgan infratuzilma, tabiiy sharoitlarning o'zgaruvchanligi va saqlash muammolari kabi to'siqlarni bartaraf etishda zamonaviy texnologiyalar, aqli tizimlar va xalqaro hamkorlik muhim rol o'ynaydi. Ushbu bo'limda energiya sohasidagi so'nggi ilmiy yutuqlar va innovatsion yondashuvlar tahlil qilinadi hamda ularning O'zbekiston kabi rivojlanayotgan mamlakatlar uchun potentsiali ko'rib chiqiladi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining o'zgaruvchan tabiatini boshqarish uchun **energiya saqlash tizimlari** hal qiluvchi ahamiyatga ega. Litiy-ion batareyalar hozirda eng keng tarqalgan yechim bo'lib, ular quyosh va shamol energiyasini saqlashda muvaffaqiyatli ishlatilmoqda. Masalan, Avstraliyada Tesla kompaniyasi tomonidan qurilgan 150 MVt sig'imli batareya tizimi tarmoq barqarorligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Biroq, litiy-ion batareyalarning yuqori narxi va cheklangan xizmat muddati (10-15 yil) ularning keng tarqalishiga to'sqinlik qilmoqda. So'nggi yillarda alternativ saqlash texnologiyalari rivojlanmoqda. Masalan, vodorod energiyasi saqlash usuli tobora e'tibor qozonmoqda. Bu texnologiyada ortiqcha energiya vodorod ishlab chiqarish uchun ishlatiladi, keyin esa vodorod yoqilg'i xujayralari orqali elektr energiyasiga aylantiriladi. Germaniyada vodorodga assoslangan loyihalar sinovdan o'tkazilmoqda va ular kelajakda qayta tiklanuvchi energiyaning uzlusiz ta'minotini ta'minlashi kutilmoqda. O'zbekiston uchun vodorod texnologiyasi qiziqarli imkoniyat bo'lishi mumkin, chunki mamlakatda quyosh energiyasi mo'l va uni vodorod ishlab chiqarishda ishlatish mumkin. Bundan tashqari, "oqim batareyalari" (flow batteries) kabi yangi texnologiyalar ham ishlab chiqilmoqda. Ularning afzalligi – uzoq xizmat muddati va katta sig'imda. Biroq, bu tizimlar hali tijoriy miqyosda keng qo'llanilmayapti, chunki ularning narxi yuqori va infratuzilma moslashuvi talab qilinadi.

**Aqli tarmoqlar** energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanuvchi energiyani integratsiya qilishda muhim yechim hisoblanadi. Bu tizimlar real vaqt rejimida energiya taqsimotini boshqaradi, talab va taklifni muvozanatlashtiradi hamda yo'qotishlarni minimallashtiradi. Masalan, Yevropa Ittifoqida aqli tarmoqlar yordamida energiya samaradorligi 10-15% ga oshirilgan, bu esa CO<sub>2</sub> chiqindilarini sezilarli darajada kamaytirgan. O'zbekistonda aqli tarmoqlarni joriy etish eskirgan infratuzilmani modernizatsiya qilish imkonini beradi. Masalan, sensorlar va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari yordamida elektr tarmoqlaridagi nosozliklar tez aniqlanadi va energiya uzatishdagi yo'qotishlar kamaytiriladi. Shu bilan birga, aqli tarmoqlar quyosh va shamol energiyasining o'zgaruvchan oqimini boshqarishga yordam beradi, bu esa saqlash tizimlariga bo'lgan ehtiyojni qisman kamaytiradi.

Biroq, bu tizimni joriy etish uchun katta investitsiyalar va malakali mutaxassislar kerak.

### **Quyosh panellari va shamol turbinalarining samaradorligini oshirish uchun ilmiy tadqiqotlar yangi materiallarni ishlab chiqmoqda.**

Masalan, an'anaviy kremniyga asoslangan quyosh panellarining samaradorligi 26% atrofida bo'lsa, perovskit quyosh xujayralari 30% dan yuqori samaradorlikka erishmoqda. Bu material arzon va ishlab chiqarish jarayoni oddiy bo'lib, kelajakda quyosh energiyasining narxini yanada pasaytirishi mumkin. Shamol turbinalari uchun esa uglerod tolasi kabi engil va mustahkam materiallar qo'llanilmoqda, bu esa turbinalarning hajmi va samaradorligini oshirishga yordam beradi. Masalan, Daniyada shamol energiyasi mamlakat energiya iste'molining 50% dan ortig'ini qoplaydi, bu esa yangi texnologiyalarning muvaffaqiyatini ko'rsatadi. O'zbekistonning shamolli hududlari (masalan, Qoraqalpog'iston) va quyoshli iqlimi uchun bu texnologiyalar katta imkoniyatlar ochadi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishda yer resurslariga bo'lgan ehtiyoj muammo bo'lib kelmoqda. Buni hal qilish uchun "**agrivoltaika**" – ya'ni quyosh panellari va qishloq xo'jaligini birlashtirish – innovatsion yechim sifatida taklif qilinmoqda. Bu yondashuvda quyosh panellari dalalar ustiga o'rnatiladi, bu esa yerning ikki maqsadda – energiya ishlab chiqarish va ekin yetishtirish uchun – ishlatilishiga imkon beradi. Masalan, Fransiya va Yaponiyada agrivoltaik fermalar sinovdan o'tkazilmoqda va natijalar shuni ko'rsatadiki, quyosh panellari soyasi ekinlarni issiqlik stressidan himoya qilib, hosildorlikni oshiradi. O'zbekistonning qurg'oqchil iqlimida bu usul fermerlar uchun qo'shimcha daromad manbai bo'lishi bilan birga, energiya ishlab chiqarishni ham ko'paytirishi mumkin.

Innovatsion yechimlarni amalda qo'llash uchun global **hamkorlik va siyosiy qo'llab-quvvatlash** zarur. Masalan, 2015-yildagi Parij kelishuvi davlatlarni qayta tiklanuvchi energiyaga investitsiya kiritishga undadi va bu sohada sezilarli yutuqlarga erishildi. Yevropa Ittifoqi 2030-yilga qadar energiya iste'molining 40% ini qayta tiklanuvchi manbalardan ta'minlash maqsadini qo'ydi va bu uchun milliardlab evro ajratmoqda. O'zbekiston ham xalqaro hamkorlikdan foydalanish imkoniyatiga ega. Masalan, Juhon Banki va Osiyo Taraqqiyot Banki tomonidan qayta tiklanuvchi energiya loyihalari uchun grantlar va kreditlar ajratilmoqda. 2023-yilda Navoiy viloyatida 100 MVT quvvatga ega quyosh stansiyasi qurilishi boshlandi, bu loyiha xalqaro moliyaviy yordam bilan amalga oshirilmoqda. Shu bilan birga, hukumat subsidiyalar va soliq imtiyozlari orqali xususiy sektorni rag'batlantirishi mumkin.

### **O'zbekistonning iqlim sharoiti va geografik joylashuvi qayta tiklanuvchi energiya** uchun katta imkoniyatlar beradi. Mamlakatda yiliga 300 dan ortiq quyoshli kun mayjud, bu quyosh energiyasini ishlab chiqarish uchun ideal shart-sharoitdir. Qoraqalpog'iston va Buxoro viloyatlari shamol energiyasi uchun mos hududlar sifatida aniqlangan. Biroq, bu salohiyatdan to'liq foydalanish uchun innovatsion texnologiyalar va infratuzilma rivojlantirilishi kerak. Masalan, quyosh panellarini mahalliy ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish importga qaramlikni kamaytiradi va narxlarni pasaytiradi. Shu bilan birga, kichik hajmdagi shamol

turbinalarini qishloq hududlarida o'rnatish energiya ta'minotini yaxshilashi mumkin. Hukumat tomonidan 2030-yilga qadar qayta tiklanuvchi energiya ulushini 25% ga yetkazish rejalashtirilgan, ammo bu maqsadga erishish uchun innovatsiyalarni joriy etish tezlashishi zarur.

Innovatsion yechimlarning muvaffaqiyati **ilmiy tadqiqotlarga** bog'liq. Masalan, yangi materiallar va saqlash texnologiyalarini ishlab chiqish uchun davlatlar va xususiy sektor katta mablag' ajratmoqda. AQShda perovskite quyosh xujayralari bo'yicha tadqiqotlar davom etmoqda, Xitoy esa batareya texnologiyalarida yetakchi o'rinni egallamoqda. O'zbekistonda ham mahalliy universitetlar va ilmiy markazlar bu jarayonga jalb qilinishi mumkin. Masalan, Toshkent davlat texnika universitetida quyosh energiyasi bo'yicha tadqiqotlar olib borilmoqda, ammo bu sohada xalqaro tajriba va moliyaviy yordam zarur. Innovatsion yechimlarni mahalliy sharoitga moslashtirish esa ularning samaradorligini oshiradi.

**Xulosam shuki**, Energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish bugungi kunda global iqlim o'zgarishi va resurslar tanqisligiga qarshi kurashda eng muhim yo'nalishlardan biridir. Ushbu maqolada energiya sohasidagi dolzarb muammolar – eskirgan infratuzilma, yuqori xarajatlar, tabiiy sharoitlarning o'zgaruvchanligi, saqlash muammolari va ijtimoiy-siyosiy to'siqlar – ilmiy jihatdan tahlil qilindi. Shu bilan birga, ushbu qiyinchiliklarni yengish uchun innovatsion yechimlar – energiya saqlash texnologiyalari, aqli tarmoqlar, yangi materiallar va global hamkorlik – ko'rib chiqildi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. "Qayta tiklanuvchi energiya sanoatining muammolari" – Siz taqdim etgan hujjat.
2. Dente, Lena. "Global qayta tiklanuvchi energiya maqsadini tushunish" – Siz taqdim etgan hujjat.
3. Doumon, Nutifafa Yao. "Qayta tiklanuvchi energiyaga o'tish" – 11 iyun, 2024 yil.
4. IEA. "SDG7: Ma'lumotlar va prognozlar" – IEA, 2022.
5. IRENA. "2020 yilda qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarish xarajatlari" – IRENA, 2021.
6. IRENA va ILO. "Qayta tiklanuvchi energiya va ish o'rirlari" – 2022 yil.

## **HAVO ORALIG'INING ASINXRON MASHINALAR ISHONCHLILIGIGA TA'SIRI**

**Ergashov Shoxruxbek Olimjon o'g'li** – Toshkent davlat texnika universiteti «Elektr mashinalari va yuritmalari muhandisligi» kafedrasи assistenti [shoxruxbekergashov28011995@gmail.com](mailto:shoxruxbekergashov28011995@gmail.com)

**Berdiyorov O'lmasbek Nurali o'g'li** – Toshkent davlat transport universiteti «Elektrotexnika» kafedrasи assistenti [olmasbekberdiyorov@gmail.com](mailto:olmasbekberdiyorov@gmail.com)

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada asinxron ekspluatatsion ishonchlilikiga ta'sir qiluvchi omillardan biri havo oralig'ining ahamiyati tahlil qilinadi. Maqolada havo oraliplari ta'sirini tahlil qilish va asinxron mashinalarning ishonchli ishlashini ta'minlash uchun zarur bo'lgan yondashuvlar va tavsiyalar ko'rsatiladi. Shuningdek, maqolada havo oralig'ining o'zgarishi mashinaning foydali ish koeffisiyentiga ta'siri ham hisobga olinadi

**Kalit so'zlar:** Havo oralig'i, foydali ish koeffisiyenti, ishonchlilik, vibratsiya.

**Аннотация.** В данной статье анализируется значение воздушного зазора как одного из факторов, влияющих на эксплуатационную надежность асинхронных машин. В статье рассматриваются методы анализа влияния воздушного зазора и приводятся подходы и рекомендации, необходимые для обеспечения надежной работы асинхронных машин. Также учитывается влияние изменения воздушного зазора на коэффициент полезного действия машины.

**Ключевые слова:** Воздушный зазор, коэффициент полезного действия, надежность, вибрация.

**Annotation.** This article analyzes the importance of the air gap as one of the factors affecting the operational reliability of asynchronous machines. The article examines methods for analyzing the impact of the air gap and presents approaches and recommendations necessary to ensure the reliable operation of asynchronous machines. The effect of air gap variation on the machine's efficiency is also considered.

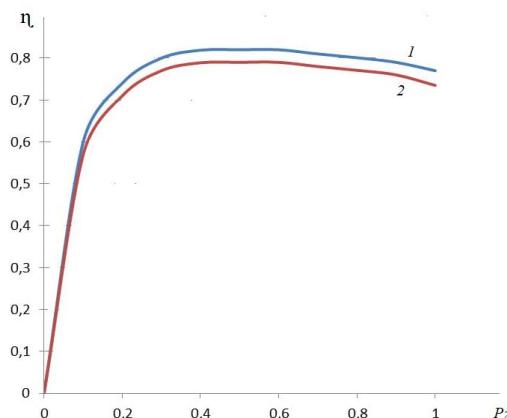
**Keywords:** Air gap, efficiency, reliability, vibration.

Asinxron mashinaning ishonchlilikiga turli xil omillar ta'sir qiladi. Shu omillardan biri uning konstruksiyasiga bog'liq bo'lgan stator va rotor oralig'idagi havo oralig'idir. Havo oralig'i mashina uchun muhum ahamiyatga ega bo'lib, asinxron mashinaning energiya samaradorligi havo bo'shlig'ining to'g'ri tanlanishiga bog'liq. Asinxron mashinalarning havo oralig'i odatda juda kichik bo'lib, u millimetrnning ulushlari bilan o'lchanadi. Havo oralig'ining o'zgarish diapazoni ruxsat etilgan darajada ya'ni  $\pm 10\%$  oralida bo'lishi lozim. Bunda rotorning tashqi yuzasi va statorning ichki yuzasi orasidagi aniq simmetrilikni ta'minlashni talab qiladi. Buni ta'minlash uchun esa podshipnik qopqoqlari, rotor va korpusga juda aniq ishlov berish zarur, ya'ni rotor va statorning qismlari bir-biriga aniq mos kelishi kerak.

Zamonaviy asinxron mashinalarda havo oralig'ini tanlashda umumiy isroflarning minimal bo'lishi hisobga olinadi.

Havo oraligining belgilangan qiymatdan ***oshirish*** stator chulg'amidagi elektr isroflarining ortishiga olib keladi, sababi mashinaning magnit qarshiligi ortadi va mashina tarmoqdan ko'proq tok iste'mol qila boshlaydi. Bunda mashinaning foydali ish koeffitsiyenti FIK oz miqdorda kamayadi (1-rasm), lekin shu bilan bir qatorda mashinadagi shovqin va tebranishi, rotorning statorga nisbatan markazdan chetga siljishi yoki notekis joylashishi holati kamayadi. Foydali ish koeffitsiyenti (FIK) o'rtacha 1-2% ga kamayishi elektr energiyasi uchun qo'shimcha xarajatlarga olib keladi. Lekin, yillar davomida ishdan chiqadigan asinxron mashinalar sonining kamayishi natijasida erishiladigan iqtisodiy samaradorlik ortiqcha elektr energiyasidagi qo'shimcha harajatlardan samaraliroqdir.

Havo oralig'ining ***kichraytirish*** mashinaning magnit qarshiligni kamaytiradi, natijada mashina tarmoqdan nisbatan kamroq tok iste'mol qila boshlaydi. Bu holatda, mashinaning stator chulg'amlaridagi elektr isroflari kamayadi. Havo oralig'ining kichik bo'lishi bir nechta muammolarni keltirib chiqaradi. Kichik havo oralig'i mashinaning ishonchlilagini pasaytirishga olib keladi, ya'ni, havo oralig'ini qisqartirish orqali samaradorlikni oshirish mumkin, lekin bu mashinaning uzoq muddatli ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.



**1-rasm. Asinxron mashinaning FIK ni yuklamaga bog'liqlik grafigi: 1- havo oralig'i normal holatdagi  $\eta=f(P_2)$  bog'liqlik grafigi; 2- havo oralig'i ikki marta oshirilgandagi  $\eta=f(P_2)$  bog'liqlik grafigi**

Agar podshipniklar ozgina eskirsa, ularning o'rnatish yuzalari deformatsiyalanib, val egilsa yoki boshqa shunga o'xshash muammolar yuzaga kelsa, bu holatlar havo oralig'ining notekisligini keltirib chiqaradi. Bu esa asinxron mashinaning ish samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Natijada, podshipniklarda yuklamaning ortishi, ularning egilishini tezlashishi, vibratsiyaning paydo bo'lishi va eng og'ir holatlarda rotor va statorning bir-biriga tegib qolishiga olib keladi. Agar havo oralig'ini asossiz ravishda kichraytirsak, bu ishlab chiqarish jarayonini murakkablashtiradi, ya'ni mashinani tayyorlash qiyinlashadi, mashinaning tannarxi ham oshadi, chunki bunday mashinani tayyorlash qo'shimcha ishlarni talab qiladi. Eng muhimi, havo oralig'ining juda kichik bo'lishi mashinaning ishonchlilagini pasaytiradi, mashina odatdagi vaqtdan ertaroq buzilishi mumkin. Demak, havo oralig'ini kichraytirish mashinaning ishlash muddatini kamaytirsa, havo oralig'ini

optimallashtirish mashina ishonchlilagini oshiradi. Havo oralig'i kichraytirilgan asinxron mashina bir yilda o'rtacha 5000 dona ta'mir talab holatga kelsa va bu mashinalarning ishonchli ishslash muddati 5 ( $m=5$ ,  $t=1$ ) yilni tashkil qilsa uning yillik ishdan chiqish ehtimoliggini quyidagicha aniqlaymiz.

$$P = 1 - e^{-\frac{t}{m}} = 1 - e^{-\frac{1}{5}} = 1 - 0.818 = 0.182.$$

Havo oralig'i optimal ishlab chiqilgan asinxron mashinaning ishonchli ishslash muddati 6 yilni tashkil qilsa

$$P = 1 - e^{-\frac{t}{m}} = 1 - e^{-\frac{1}{6}} = 1 - 0.846 = 0.154.$$

Agar asinxron mashinaning ishonchli xizmat qilish muddati **5 yildan 6 yilga** oshsa, yillik ishdan chiqish ehtimoli kamayadi. Bu kamayishni foiz hisobida quyidagicha aniqlaymiz:

$$(1 - \frac{p_6}{p_5}) \cdot 100 = (1 - \frac{0.154}{0.182}) \cdot 100 = 100 - 84.6 = 15.4\%.$$

Ishonchli ishslash muddati 5 yildan 6 yilga oshganda ishdan chiqish ehtimoli 15.4% ga kamayarkan. Bu ehtimollikning sondagi qiymatini quyidagicha:

$$0.154 \cdot 5000 = 770\text{ta}$$

Shunday qilib, asinxron mashinaning ishonchli ishslash muddati 5 yildan 6 yilga oshirilsa, yilda **770 donaga kamroq mashina ishdan chiqadi**.

## Adabiyotlar

1. Копылов И.П. Проектирование электрических машин. -М: Изд-во Юрайт, 2011. – 767 с.
2. Надёжность электрических машин / А.И. Судаков, Е.А. Чабанов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 332 с.
3. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. -Т.: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. – 408 b.
4. Chernyshev A.Yu., Dementiev Yu.N., Chernyshev I.A.(2011) Drive of the alternating current. - Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 21

**UKK. 569.265**

## IMPROVEMENT OF METHOD OF MANAGEMENT OF WORKING MODES OF LOCAL ELECTRICITY NETWORK CONSUMERS

**Izzatillayev J.O.**, - "TIIAME" NRU Department of Power Supply and Renewable Energy Sources, Faculty of Energy, Associate Professor

**Valijanova H.M.** - "TIIAME" NRU Master's student of the department

**Annotatsiya:** Xalqaro energetika agentligi (IEA) ma'lumotiga ko'ra, mahalliy elektr tarmoqlari iste'molchilarini boshqarishdagi kamchiliklar elektr energiyasi samaradorligining AQSh da 4,5 foizga, Afrika mamlakatlarida 44,6 foizga, Yevropa Ittifoqida 5,66 foizga, Janubi-Sharqiy Osiyoda 6,5 foizga, Markaziy Osiyo 67,6 foizga pasayishiga olib keladi. Agentlik rahbari Fotih Birol

*"Zamonaviy energiya menejmentining eng muhim jihatlaridan biri mahalliy elektr tarmoqlari iste'molchilarining ish rejimlarini eng kata aniqlik nilan o'rganish va statistic tahlil qilushdan iborat" dedi. Ushbu maqolada mahalliy elektr tarmoqlari iste'molchilarini boshqarish tizimini takomillashtirish tahlil qilingan.*

**Kalit so'zlar:** SCADA, AMI, Integrated Network Management, optimallashtirish yondashuvlari, yuklarni taqsimlash usullari, taqqoslash modellari, tarmoqni masofadan boshqarish usullari.

**Аннотация:** По данным Международного энергетического агентства (МЭА), недостатки в управлении отечественными потребителями электросетей приводят к снижению эффективности электроэнергии на 4,5% в США, на 44,6% в странах Африки, на 5,66% в Евросоюзе, на 6,5% в Юго-Восточной Азии и на 67,6% в Центральной Азии. Глава агентства Фатих Бироль заявил: "Одним из важнейших аспектов современного энергоменеджмента является изучение и статистический анализ режимов работы потребителей местных электросетей с наибольшей точностью". В данной статье анализируется совершенствование системы управления потребителями местных электрических сетей.

**Ключевые слова:** SCADA, AMI, интегрированное управление сетью, подходы к оптимизации, методы распределения нагрузки, модели сравнения, методы удаленного управления сетью.

**Abstract:** According to the International Energy Agency (IEA), shortcomings in the management of local power grid consumers have led to a decrease in electricity efficiency by 4.5 percent in the United States, 44.6 percent in African countries, 5.66 percent in the European Union, 6.5 percent in Southeast Asia, and 67.6 percent in Central Asia. Fatih Birol, head of the agency, said, "One of the most important aspects of modern energy management is to study and statistically analyze the operating modes of local power grid consumers with the greatest accuracy." This article analyzes the improvement of the management of local power grid consumers.

**Key words:** SCADA, AMI, Integrated Network Management, optimization approaches, load distribution methods, comparison models, remote network management methods.

## INTRODUCTION.

Management of operating modes of consumers of local power networks is a scientific approach aimed at ensuring the effective distribution of network resources, optimal management of energy flows and real-time control of the dynamics of consumers' electricity consumption in energy systems. This management process ensures the maximum efficiency of energy resources by applying various management models in accordance with the energy supply and needs of the network. The scientific foundations of managing operating modes in power networks are mainly based on the processes of energy flow control, autonomous network management, load distribution and energy quality optimization. These systems allow real-time recording and forecasting of all parameters in the network, including voltage, frequency and current parameters of electricity, as well as the load state of

the network. Based on this data, situations leading to imbalance are identified and measures are taken to optimize the network. Also, in the process of managing the operating modes of consumers of local power networks, the use of automated control systems (SCADA, AMI), economic modeling, and intelligent optimization algorithms are introduced. These technologies enable the network to be evenly distributed, reduce energy consumption, and respond quickly to potential outages or failures to ensure the stability of the power supply system. Automated control and monitoring systems in power networks play an important role in controlling electricity consumption in real time, reducing and optimally distributing energy consumption by consumers, as well as ensuring network security. At the same time, through "smart" meters and load management systems, it is possible to monitor the electricity consumption of individual or group consumers, save resources, and ensure the efficient operation of the network. In short, local power grids include advanced scientific and technical methods for managing the operating modes of consumers, increasing the efficiency of the power system, ensuring the optimal level of use of energy resources, and maintaining network stability. This management process involves not only preventing potential network failures, but also exercising a high level of control over energy supply and consumption.

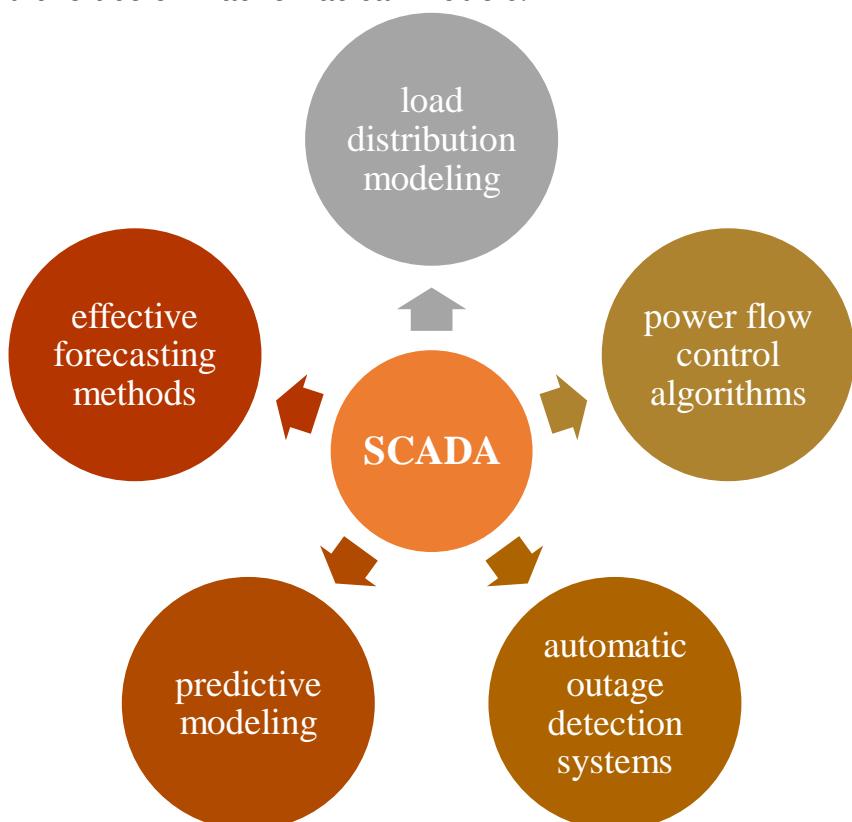
### **ANALYSIS OF EXISTING LITERATURE.**

Prof. Dr. Yevgeny V. Sokolov is one of the leading Russian energy scientists. His scientific work is mainly devoted to new methods of managing local power grids, energy distribution in networks and load management. His work "Optimization of Energy Distribution and Control Systems" (2015) plays an important role in the development of scientific approaches to power grid management. Sokolov's scientific research laid the foundation for the creation of advanced algorithms and models for ensuring autonomous operation of power grids and stabilizing electricity supply. Sokolov has also written a number of scientific articles on the role of automated systems for load distribution in local networks and optimal network management. In his scientific work "Management of Energy Flows in Networks" (2022), he developed control mechanisms necessary for real-time management of energy flows in power systems. Prof. Dr. Huang Li is the head of one of China's most prestigious energy institutes and a leading researcher in the field of local power grid management. His research work, "Smart Control Systems for Local Power Grids" (2020), has been instrumental in the introduction of automated power system management. Li has made significant contributions to the development of intelligent methods for optimizing energy consumption and distributing grid loads. His research work includes approaches to optimizing the use of energy resources through smart grid technologies, including energy storage systems and real-time monitoring. In his book "Smart Control Systems for Local Power Grids" (2020), presented by Li, new algorithms and control systems are developed for managing energy consumption. He also advocated the application of advanced technologies for quickly detecting and stabilizing faults in local power grids. Dr. Ahmed A. El-Khattam is a professor at the Egyptian Institute of Energy and the author of numerous scientific works in the field of network management and energy efficiency. His scientific work, "Integrated Network Management" (2022), is important in developing new models and theoretical frameworks for the effective management of local power grids. El-Khattam's scientific works describe algorithms aimed at increasing the efficiency of electricity supply and uninterrupted power supply to consumers. Dr. El-Khattam has

published numerous scientific articles and studies aimed at improving network management and energy efficiency. In particular, his works have developed advanced methods for detecting and minimizing power grid failures. Prof. Dr. Juan R. Martinez is a professor at one of the leading research institutes in Spain for Electricity. His works are mainly devoted to managing energy flows in power grids, increasing energy efficiency and optimizing the energy needs of consumers. Martinez's research, "Local Electric Grids: Energy Flow Management and Monitoring Systems" (2025), focuses on developing new methods for improving grid performance and managing energy distribution. Martinez's research also examines new approaches to real-time energy flow management in local electric grids and optimizing grid load using intelligent systems. He has proposed new methods for maximizing energy resource utilization and resolving grid failures.

### **RESEARCH METHODOLOGY**

Effective management of local power grids, distribution of electricity and provision of it to consumers play a key role in ensuring the stability and efficiency of the system. Local grids are usually located in small areas, and energy supply in them is often more complex and diverse than in centralized systems. Managing the operating modes of consumers requires a number of scientific methods and techniques aimed at increasing the overall efficiency of the grid, ensuring optimal use of energy resources, and minimizing system failures. Currently, modern scientific methods for managing local power grids are based on many technological and mathematical approaches. This article discusses methods and scientific methods for improving the operating modes of consumers in local power grids, including approaches such as automated control systems, energy monitoring, smart grid technologies, and the use of mathematical models.



**Figure 1. Components of a SCADA system**

Automated control systems (SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition) are one of the most widely used methods in managing power grids. The SCADA system provides real-time monitoring of the network, which helps to optimize energy supply and effectively manage consumer energy consumption. The SCADA system collects data from each point of the network and transmits it to a central control point, where decisions are made based on this information. With the development of SCADA systems, advanced algorithms and models have been developed to manage energy flows in the network and optimize energy consumption. With the improvement of these systems, it has become possible to manage the load on the power grid, quickly detect faults, and minimize system failures. Among the methods that help SCADA systems work more efficiently, load distribution modeling, energy flow control algorithms, and automatic outage detection systems occupy a special place. Smart grids are a new generation of power grid systems that allow optimizing the management of energy flows in networks and monitoring energy consumption at each point of the network in real time. Smart grids are especially important in managing local power grids, as they incorporate a variety of advanced technologies to monitor consumers and effectively manage energy supply. Smart grids are integrated with energy storage systems, modern meters, and automatic control systems, which ensure real-time management of energy consumption. For the effective operation of smart grids, it is necessary to develop advanced mathematical models and algorithms for managing their energy flow. To this end, optimization approaches, predictive modeling, and load distribution methods are key among the scientific methods for managing smart grids.

Energy monitoring systems play an important role in increasing the efficiency of local power grids and ensuring optimal use of energy resources. Such systems constantly monitor all network parameters, including energy consumption, voltage levels, and the overall load of the network. Energy monitoring collects accurate and real-time information about the state of the network, and based on this information, decisions are made to optimize the network. The use of mathematical optimization models is important in network optimization. These models are used to develop strategies that allow managing energy flows in the network and reducing energy consumption. For example, linear and nonlinear optimization, matrix theory, and multi-criteria optimization approaches can be used to ensure the stability of energy supply. The use of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) technologies in managing local power networks creates new opportunities. Artificial intelligence-based algorithms automate decision-making processes in managing energy flows in the network. Machine learning technologies are used to develop forecasts of the network's operating status and consumer needs. These technologies can optimize the operating modes of power networks and predict network failures. To understand the role of AI algorithms in network management, approaches such as neural networks, decision trees, and efficient forecasting methods can be considered. Using artificial intelligence technologies, it is possible to improve the performance of the network and the efficiency of energy supply. Among the improved methods for managing local power grids, dynamic control and predictive modeling methods are of particular importance. Through dynamic control systems, the network operating modes are updated in accordance with the state of the network at any time, which increases the efficiency of network management. Predictive modeling makes it possible to predict the future state of the network, which allows for advance planning of network

management. Using such models, it is possible to predict the load, failures, and changes in energy supply that will occur in the network. Creating optimal energy distribution and distribution networks in local power grids helps to increase their efficiency and ensure optimal use of energy resources. Energy distribution in the network is optimized using comparison models, remote network management methods, and energy flow analysis methods.

### CONCLUSION.

Scientific methods and techniques for managing the operating modes of consumers of local power grids are based on modern technologies, mathematical models, and advanced algorithms. For effective network management, the use of automated control systems, smart grids, energy monitoring, and artificial intelligence approaches is important. Also, scientific methods such as energy distribution, the introduction of optimization models, and predictive modeling further increase the efficiency of the network. Through these approaches, it is possible to ensure the efficiency of local power grids and optimal use of energy resources.

### REFERENCES:

1. Geelen D., Reinders A., Keyson D. Empowering the end-user in smart grids: Recommendations for the design of products and services //Energy policy. – 2013. – Т. 61. – С. 151-161.
2. Ming Z. et al. Historical review of demand side management in China: Management content, operation mode, results assessment and relative incentives //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2013. – Т. 25. – С. 470-482.
3. Huang W. et al. From demand response to integrated demand response: Review and prospect of research and application //Protection and Control of Modern Power Systems. – 2019. – Т. 4. – №. 2. – С. 1-13.
4. Kumar S. et al. Reliability enhancement of electrical power system including impacts of renewable energy sources: a comprehensive review //IET Generation, Transmission & Distribution. – 2020. – Т. 14. – №. 10. – С. 1799-1815.
5. Castillo-Cagigal M. et al. PV self-consumption optimization with storage and Active DSM for the residential sector //Solar energy. – 2011. – Т. 85. – №. 9. – С. 2338-2348.

**UDC 620.97**

## INFLUENCE OF HUMIDITY ON METHANE YIELD CONCENTRATION IN BIOGAS PRODUCTION

**Palvan Iskandarovich Kalandarov** - National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers", Professor

**Naibakhon Saidaminovna Mamadalieva** - Advisor to the Director for Research and Innovation of the Uzbek Agency for Technical Regulation under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan, Professor

**Lazizbek Furkatzhanovich Saidoripov** - Director of the Uzbek Institute of Metrology

**Khusniddin Khusenovich Abdullaev** - Bukhara Institute of Engineering and Technology, Associate Professor

**Annotation.** This article describes the problem of identifying generalized methods for improving the operational characteristics of biogas production, as well as the effect of humidity on the composition of methane yield concentration during the fermentation of various agricultural and animal wastes. The classification of neuro-fuzzy systems of cluster analysis methods is given, their analysis is carried out and the advantages and disadvantages of the considered method are revealed. Formulas are given for the most frequently used metrics (measures of proximity) between the sample objects, as well as measurements of certain physical quantities (humidity) were carried out during biogas production, and the factors of their influence on biogas yield were studied. The results of determining the amount of moisture present in the biomass were in accordance with the normal law and were calculated by correlation analysis. For the practical use of regression models, adequacy, i.e., compliance with actual statistical data, is considered when analyzing the adequacy of the regression equation (model) to the process under study, the model built on the basis of the Abba A-test is generally adequate and all regression coefficients are significant. A model that can be used for decision-making and forecasting is analyzed.

**Keywords:** humidity, methane, biogas, fermentation, substrate, waste, neural network, fuzzy system.

**Аннотация.** Ushbu maqolada biogaz ishlab chiqarishning ishlash xususiyatlarini yaxshilashning umumlashtirilgan usullarini aniqlash muammosi, shuningdek, turli qishloq xo'jaligi va hayvonlar chiqindilarini fermentatsiyalashda namlikning metan chiqishi kontsentratsiyasining tarkibiga ta'siri tasvirlangan. Klaster tahlil usullarining neyro-loyqa tizimlarining tasnifi berilgan, ularning tahlili o'tkazilgan va ko'rib chiqilgan usulning afzalliklari va kamchiliklari aniqlangan. Namuna olish ob'ektlari o'rtasida eng ko'p ishlatiladigan o'lchovlar (yaqinlik o'lchovlari) uchun formulalar berilgan, shuningdek biogaz ishlab chiqarishda ma'lum fizik miqdorlar (namlik) o'lchandi va ularning biogaz chiqishiga ta'siri omillari o'rganildi. Biomassada mavjud bo'lgan namlik miqdorini aniqlash natijalari normal qonunga muvofiq edi va ularni korrelyatsion tahlil usuli bilan hisoblash amalga oshirildi. Regressiya modellaridan amaliy foydalanish uchun adekvatlik ko'rib chiqiladi, ya'ni.haqiqiy statistik ma'lumotlarga muvofiqligi, regressiya tenglamasining (modelning) o'rganilayotgan jarayonga etarligilini tahlil qilganda, Abba a mezoniga asoslangan qurilgan model umuman etarli va barcha regressiya koeffitsientlari muhimdir. Qaror qabul qilish va prognozlarni amalga oshirish uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan bunday model tahlil qilinadi.

**Kalit so'zlar:** namlik, metan, biogaz, fermentatsiya, substrat, chiqindilar, neyron tarmoq, loyqa tizim.

**Аннотация.** В данной статье описывается проблема определения обобщенных способов улучшения эксплуатационных характеристик

производства биогаза, а также влияние влаги на состав концентраций метанового выброса при ферментации различных сельскохозяйственных и животных отходов. Даны классификация нейро-нечетких систем методов кластерного анализа, проведен их анализ и определены достоинства и недостатки рассматриваемого метода. Даны формулы для наиболее часто используемых измерений (измерений сродства) между объектами отбора проб, а также измерены определенные физические величины (влажность) при производстве биогаза и изучены факторы их влияния на выход биогаза. Результаты определения количества влаги, присутствующей в биомассе, соответствовали нормальному закону и были рассчитаны методом корреляционного анализа. Для практического использования регрессионных моделей рассматривается адекватность, при анализе соответствия реальных статистических данных, адекватности уравнения регрессии (модели) исследуемому процессу модель, построенная на основе критерия Абба, в целом адекватна, и важны все коэффициенты регрессии. Анализируется такая модель, которую можно использовать для принятия решений и выполнения прогнозов.

**Ключевые слова:** влажность, метан, биогаз, ферментация, субстрат, отходы, нейронная сеть, нечеткая система.

## Introduction

Biogas technologies occupy an important place in biotechnology used for fuel and energy production. Currently, about 60 biogas technologies are used or being developed in the world [1]. The intensive introduction of these technologies in both developed and developing countries, the increase in their efficiency and profitability have led to a significant shift in their focus from simply energy to environmental and agrochemical (fertilizer production), in particular, to the processing of various organic wastes. Obviously, this is the most important option for biogas production [2].

Biomass and waste containing more than 85% water are classified as liquid feedstocks.

They are classified as liquid-type raw materials. Liquid-phase methanation technology is used for their disposal. Biomass and waste with a moisture content of less than 85% are classified as solid raw materials, and solid-phase fermentation technologies have been developed to convert them into biogas. Solid biomass and waste are divided into "wet" (60-85% moisture) and "dry" (10-60% moisture), the mechanochemical properties of which are not unambiguous. Wet biomass is crumbly and viscous.

However, when humidity affects the yield of methane concentration, such phenomena are poorly studied by scientific research, in this regard, this article considers one of the various methods for studying the composition of methane concentration during the fermentation of various agricultural and animal waste of organic origin.

P. N. Hobson [3] and M. Kukhter [4] in their study found that at a moisture content of 86% of manure, there is a sharp decrease in gas emissions. Such a situation arises only due to a violation of the technological process. The optimal passage of methane fermentation in the process with a moisture content of 90 to 97% has been established.

## Methods and materials

Studies conducted to study the concentration of methane at the outlet of the bioreactor during the fermentation of various agricultural and animal wastes have established that the nature and intensity of gas emission depend on the structural and dynamic parameters of the materials, such as the diffusion coefficient and the size of undisturbed fragments [5, 6].

The moisture content of the substrate plays an important role in the fermentation process. The moisture content of the biomass should be between 75-95% so that the bacteria can mix evenly and break down evenly. The working pressure in the bioreactor plays an important role in the formation of biogas, so most bioreactors operate at pressures above atmospheric pressure.

To achieve the maximum amount of biogas obtained, all technological factors are taken into account, the main of which depend on the temperature inside the bioreactor, the operating pressure in the bioreactor, the moisture content of the biomass, and the duration of fermentation. Heat transfer is facilitated by the mass transfer process during the loading and extraction of raw materials, as well as during the cyclic mixing of the substrate. The mesophilic fermentation mode inside the bioreactor reaches a temperature of 25-40 °C due to convective heating.

All the results of the studies described so far were carried out on ordinary waste, that the moisture content of the mass ratio of the state of the materials in question was not measured, i.e., these materials in such cases can be attributed to dry waste. However, our studies confirm that the presence of methane and moisture alters the behavior of agricultural residues in a volumetric stress state corresponding to the collection load, changing the fracture pattern (brittleness, plasticity) and hence the dynamic activity of the gas.

The nature of fracture (brittleness, plasticity) changes, which leads to a change in the dynamic activity of the gas.

In the research, we used the method of non-specific logic and neural network methods in solving problems of fuzzy systems for controlling biotechnological objects to increase the concentration of methane at the outlet of the bioreactor.

The process of biogas production should be considered as a complex technological process, for this purpose, complex technological processes and problems of structural and parametric synthesis of production management, system analysis, information processing and device control have been considered in our works and foreign scientists.

The development of models of control system algorithms to increase the concentration of methane in biogas production in conditions of weak formalization and data uncertainty requires the use of the neural network method, which includes, in particular, self-organizing Kohonen networks [7].

It is a single-layer neural network in which each neuron corresponds to a single cluster. The number of inputs of one neuron corresponds to  $N$  – the number of variables from the set  $P$ . Training is carried out on the basis of a training sample by redistributing the weights of neurons.

The advantage of this method lies in the possibility of implementing parallel calculations, high speed of work, the lack of the need to specify the number of clusters, the need for a training sample.

In the research, the methods of system analysis of technological processes and systems, probabilistic and statistical methods of decision-making, methods of control theory, mathematical modeling and set theory were used.

## Result

Studies aimed at studying the effect of humidity on the composition, concentration and yield of methane were carried out in the laboratory of the National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers".

Methanogenic fermentation has been implemented in the temperature range from 3°C to 60°C [8]. Moreover, the acceleration of the process increased with an increase in temperature, and under thermophilic conditions it increased by 2-3 times. Formic and acetic acids, hydrogen, carbonate anhydride and sources of sulfur and nitrogen, C<sub>2</sub> and ammonia are retained for the development of methanogenic bacteria in the environment of bivalve mollusks.

The results of our studies are confirmed by the results described in scientific papers [9,6,4], where it is described that more than 25 methane-producing bacteria have

been identified to date, they differ in the fact that the morphology of which is (round, spiral, filamentous, etc.).

Based on this information, it can be inferred about its solubility in water, given that the amount of C and H<sub>3</sub> is very small, these additional gases can be dissolved in water and purified from biogas. It turns out that biogas purified from additional gases burns very well, due to purification from C. Water in a cylinder with dissolved propane C, CO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub> is periodically renewed. The water is pumped out through the outlet pipe installed at the bottom of the cylinder. Water rich in dissolved complementary gases is not disposed of as waste, but crops are irrigated, making the nitrogen in ammonia H<sub>3</sub> in this dissolved state considered very beneficial for plant development.

When conducting studies on biogas production, it will be necessary to clarify the thermal regime of the fermentation process in the bioreactor, which is described above. The associated fermentation of waste mainly occurs at a temperature of 15-60 °C. For this process, our research is supposed to be carried out in two modes - thermophilic and mesophilic. In the initial thermophilic mode, the transition period does not exceed 48 hours. By the third day, the water contained in the bioreactor is heated by additional energy, which in turn raises the temperature, which is the period of transition to the mesophilic regime. After that, almost all processes take place in the mesophilic mode up to a temperature of 15-45 °C. In order to accelerate the process of biogas production, in some cases, depending on the types of waste used, a thermophilic mode is used, at which the temperature is about 45-70 °C.

According to the studies conducted and their results [10], to determine the volume of biomass loading, the total volume of the bioreactor is taken as 100%, the volume of the load is the daily volume of mass obtained for fermentation, expressed as a fraction of the volume of methane released from the bioreactor. capacity, which depends on many parameters, the main one being humidity, which ranges from 7-11% for the mesophilic process to 14-22%. The results are summarized in Table 1.

Table 1 Daily biomass loading into the bioreactor

Fermentation mode	Weight and moisture content in relation to bioreactor volume (%)				
	90	94	95	96	97
Mesophilic	7	8	9	10	11
Thermophilic	14	16	18	20	22

## Discussion

The gas released from the biogas device is a mixture. Biogas consists of 50-70% methane (C<sub>4</sub>), as well as a mixture of gases containing 30-40% CO<sub>2</sub>, with less C, H<sub>4</sub>,

so if we talk about the basic composition. The presence of impurities in biogas, especially a large amount of CO<sub>2</sub>, prevents biogas combustion. Since CO<sub>2</sub> is chemically a combustible gas, this gas is surplus in biogas.

The CO<sub>2</sub> that is contained in biogas as an additive increases its amount in biogas, leaving the biogas device very large, albeit in small quantities. CO<sub>2</sub>, having the property of toughness, interacts with metallic iron in steel, causing its absorption and rapid corrosion. This, of course, creates certain inconveniences in the production of biogas and affects the design of the machine and the equipment used. The sulfur oxides formed in this process poison the atmosphere [11].

When the separation of gases from each other is carried out in stages, very large technological devices are required, which require huge investments when invested. Another case is that it is a technological device and it requires an electric current or gas fuel to start the jets. If the profit from the separation of biogas is less than the cost of cleaning it from additives, this leads to economic stress. Nobody likes this situation.

Therefore, in order for owners with a small number of cattle and poultry to be able to build a biogas device and independently solve gas problems that arise in the winter season, it is advisable to use a simple, effective and affordable method of biogas purification from additives.

For this purpose, a water-repellent agent is installed when cleaning biogas from additives. To do this, simply take an unusable propane gas cylinder to which a pipe is attached from top to bottom from the inside, this pipe is attached to the biogas mixture supply pipe from the reactor, and again from top to bottom from the inside, the pipe is fixed in the desired position. This is the outlet for purified gas. 3/2 of the water is poured into a propane cylinder (water seal). The biogas mixture from the reactor allows access to the water inside the propane cylinder through an inlet pipe, and the biogas is purified from some of the additional gases contained in the water, which accumulate in the part that is not filled with water to the top of the gate.

This accumulated biogas will be well purified from C, CO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, as well as C<sub>4</sub> additives. When purifying biogas from C, CO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, the solubility of these gases in water is taken into account. The solubility of these gases is in accordance with [11, 6]. in water, as follows:

CO<sub>2</sub> - at 20°C - 87.8 ml soluble in 100 ml of water;

C - at 20°C, 2.58 ml is soluble in 100 ml of water;

H<sub>3</sub> - 20°C, 52.6 mL soluble in 100 mL of water.

One of the factors affecting the concentration of methane during biogas production, as noted above, is humidity. Two measurement methods are mainly used to determine the moisture content of biomass:

1. Indirect measurement method.
2. Direct measurement method.

In the experiments we conducted, we mainly used the direct method. Biomass is divided into two components: dry matter and wet matter. Indirect methods measure the value functionally related to the moisture content in biomass, i.e., its dielectric constant.

The increase in permeability, which depends on the moisture content in the material, is generally characterized by the following law:

$$\Delta_{\varepsilon} = \varepsilon_s f(\xi, n, i, r, k) \quad (1)$$

$\varepsilon_s$  – where is the free permeability of water;  
 $\xi$  - coefficient determined by the distribution and form of moisture application;  
 $n$  - the ratio of free and bound moisture volumes;  
 $r$  - volume concentration of water in the material;  
 $i$  - the ratio of the dielectric constant of bound and free water;  
 $k$  - ratio of dry weight of the material to the dielectric constant of moisture.

The results of determining the amount of moisture present in the biomass are subject to the normal law, the actual value of the amount of moisture in the measured biomass in the range  $P = 0.95$  determines the confidence interval for the assessment with interval reliability.

Let's consider an example of our research results.

Confidence  $P = 0.95$ . The Student's coefficient is 1.96, measured at  $n=50$ .

Determine the arithmetic mean of the measurement results:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1040,35}{50} = 20,8$$

Determine the standard deviation. Standard deviation estimation:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0,319$$

Using a table of observations with a number of  $n=50$  distributions for Student, a probability of  $p=0.95$  and a corresponding value for the number of degrees of freedom were determined.  $n - 1 = 49$ :  $t_p = 1,96t_p$

The limit of reliability is:

$$t_p \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} = 1,96 \cdot \frac{0,319}{\sqrt{50}} = 0,08$$

The reliability interval is in the following range:

$$20,807 \mp 0,08.$$

With a 95% probability, the actual value of the amount ranges from 20,719 to 20,895.

Using the Romanovsky test, we can check whether the obtained data values are a gross error.

Significance level  $q=0.1$

$$x_{max} = 26,28$$

$$x_{min} = 16,38$$

Determine the arithmetic mean of the measurement results:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1040,35}{50} = 20,807$$

Determine the standard deviation.

Standard deviation estimation:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0,319$$

At the level of significance according to the Romanovsky criterion

Determine with accuracy Where  $\beta_T q = 0,1$   $n = 50$ .  $\beta_T = 1,96$ .

Calculate the highest and lowest values:

$$\beta = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S_x} = \frac{|26,28 - 20,807|}{0,319} = 17,16 > 1,96$$

Therefore, since the maximum value is a gross mistake, this value should not be taken into account and discarded.

$$\beta = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S_x} = \frac{|16,38 - 20,807|}{0,319} = 13,88 > 1,96$$

The next step is to figure out whether there is a level of significance of a regular error in the results obtained. For these purposes, we use the Abbe criteria.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1040,35}{50} = 20,807$$

We determine the difference (variance) in two ways:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{50-1} \cdot 5,01 = 0,102$$

$$\Omega^2 = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{i-1})^2 = \frac{1}{2 \cdot 50} \cdot 70,575 = 0,70$$

Abbe's criterion:

$$\nu = \frac{\Omega^2}{\sigma^2} = \frac{0,70}{0,102} = 6,919.$$

All levels of significance of the Abbe criterion for correlation are not met, so there is a systematic error in the measurement.  $n = 50 \nu_{\text{расчёчная}} < \nu_{\text{табличная}}$ .

Let us turn to the algorithms of programmable logic controllers, which perform the functions of regulators in systems for rapid control of complex processes.

Adaptive neurofuzzy architecture distributed in management decision support systems [12, 13] in the form of a six-layer neural structure, the structure of which is shown in Figure 1. In this case, the incoming signals are "distributed" among individual neuroimaging structures, and a network of neuroimaging structures is created, each of which performs a separate role of an ost model, and an aggregate (generalized or global) model is formed from a set of ost models  $q$ .

The number of fuzzy rules is determined by the expression

$$N = m^p \tag{2}$$

For the model under consideration, we have:

$$N = m_1^{p_1} + m_2^{p_2} + \dots + m_q^{p_q} \tag{3}$$

Model layers work as follows:

**Layer 1:** At this level, neurons receive incoming signals and transmit them to the next stage.

**Layer 2:** An operation is performed that requires determining the type and number of auxiliary functions to be used. In this case,

$$\mu_{Xp,m}^{(n)} = \exp \frac{-(X_p - C_{Xp,m})^2}{2\sigma_{Xp,m}^2} \quad (3)$$

the formula uses the described Gaussian function.

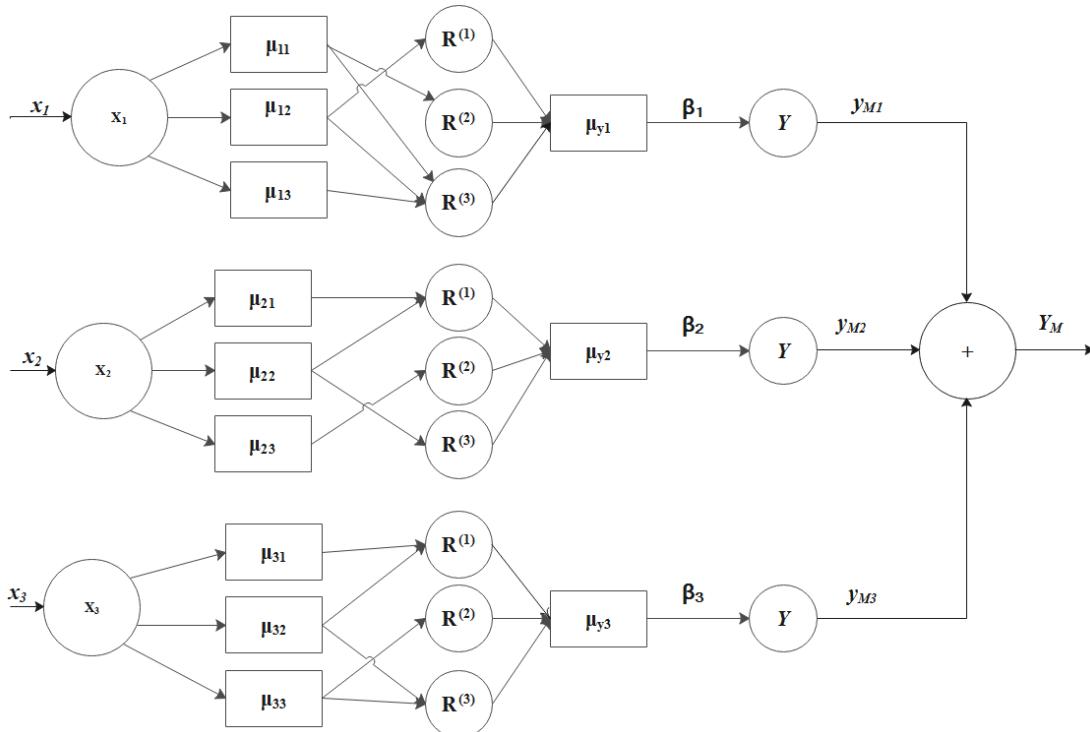


Figure 1. Structure of a distributed neuro-fuzzy model

**Layer 3:** This level is a generator of production rules, since fuzzy rules like.  $f_y^{(N)}(k + j) = b_0^{(N)}$

**Layer 4:**

$\mu_{yq}^{(n)}(k + j) = \mu_{x_1,m}^{(n)}(k + j) * \mu_{x_2,m}^{(n)}(k + j) * \dots * \mu_{x_p,m}^{(n)}(k + j)$  expression is realized.

**Layer 5:** The  $y_{m1}^\wedge, y_{m2}^\wedge, \dots, y_{mq}^\wedge$  expression

$\hat{y}_M(k + j) = \frac{\sum_{i=1}^q f_y^{(i)}(k + j) \mu_y^{(i)}(k + j)}{\sum_{i=1}^q f_y^{(i)}(k + j)}$  modeling specific characteristics is constructed

accordingly, in which q denotes the number of ostmodels used.

**Layer 6:** comprehensive modeling is taken as individual ostmodeling of high-quality materials. $y_{m1}^{\wedge}, y_{m2}^{\wedge}, \dots, y_{mq}^{\wedge}$ .

In part, the neuro-fuzzy model of input signals is expressed as a five-level structure with a Takagi-Sugeno inference mechanism.

In this [14], some inputs are explicitly (optionally) given, but inserted directly into the third layer, i.e., directly into the next part of the Takagi-Sugeno functions, with the actual values weighted by the appropriate weight. Using the Takagi-Sugeno inference engine reduces the undefined rules used in the model and the number of parameters that need to be defined when training a neural network.

As a complement to the model, the performance of the regulator can be improved by implementing secondary gradient algorithms in optimizations. Appropriate modification may affect the quality of control of the neuroimaging generalized prediction regulator.

In the process of biogas production, this was expressed by various factors. They are necessary to build a forecast of the crime situation based on the coefficients of  $x_1-x_{15}$ . In the course of the experiment, it was observed that when the number of input variables increases more than 3, the time for conducting the experiment significantly increases [15]. Therefore, it was decided to select variables from the entire set using the seqsrch function, the algorithm of which is as follows.

The variable value  $Y(k)$  of biogas yield can be influenced by 15 variable parameters: To select the input variables of the model, a heuristic approach to sequential forward search was applied using MATLAB (sequential forward search) software. In this search, a single input variable is added to the model at each step to provide the lowest standard deviation error. $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, \dots, x_{15}$ .

After selecting 3 variables out of 15 factors to input variables, the factors were selected, the values were set using the system's anfis function and trained in the program (see Figure 2). $x_4; x_{14}; x_{15}$

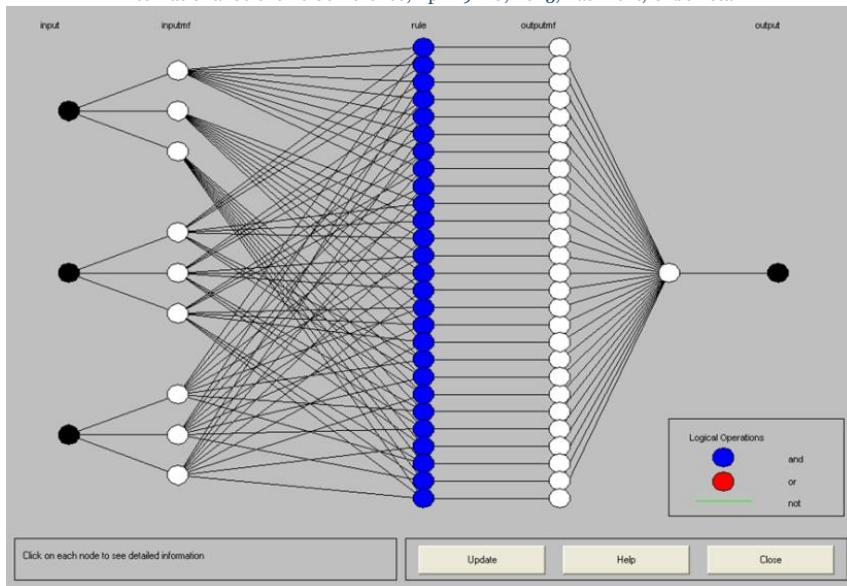


Figure 2. Structure of the Anfis Neuro-Fuzzy Model

As you can see from the graph, the neuro-fuzzy model was able to accurately describe the learning pattern of the information entered into a Sugeno-type system. Subsequently, a forecast of criminogenic situations was made (a criminogenic situation is the occurrence of a sharp change in the entered information) depending on the factors.

At the first stage of our study, measurements were carried out at an experimental facility in the laboratory conditions of the university, then the same method was carried out in production conditions, the results obtained at the experimental facility were confirmed in the production area, according to both results we revealed that the content of CH<sub>3</sub> - methane exceeds 90%. (up to 96%), the optimal mass fraction of moisture in the biomass in this case should be moisture and gaseous properties. Based on the analysis of the study, it was concluded that with a decrease in humidity by 1%, the methane content decreases by 1-1.5% [16, 17].

The fermentation period should be at least 25 days, during which 2 tons of fresh manure should be added to the digester once, at an outdoor temperature of 20°C and above, the heating temperature should be at least °C. With an increase in temperature, the level of bacteriological production of methane increases even more. It is known that methane is formed at temperatures ranging from 0 to 97°C. Taking into account the optimization of the processing (fermentation) process for the production of biogas and biofertilizers, three temperature zones of microorganisms are distinguished: psychrophilic (up to 15°C), mesophilic (15-45°C), thermophilic (45-70°C). With the increase in temperature, the level of bacteriological production of methane increased even more [18].  $T = 25$ .

The experiments were carried out on an experimental device, the time of holding in a biomass reactor was selected depending on the fermentation temperature and the

composition of the raw material: psychrophilic temperature regime - 30-40 days or more, mesophilic - 10-20 days, thermophilic temperature regime - 5-10 days. The tests were carried out both in batch and continuous mode in a bioreactor [19].

Comparison of the results of the experiment obtained in the experimental device with the data of the production enterprise showed that compared with the data obtained on the moisture and methane concentration of biomass, which consists of a mixture of various types of wheat straw, mole manure, corn starch with dispersion of the fermentation mixture in the production of biogas at the production plant, and it was found that there is a difference between them (see Table 2) comparative results are shown in Table 2.

Table 2  
Comparative results obtained at the experimental and production facilities of the enterprise

Biomass moisture %	The methane concentration determined by the experimental setup, $CH_4\%$	The concentration of methane determined at the plant of the production plant, $CH_4\%$	Difference ±
60	59,5	57	-2,5
66	69,5	71,4	+1,9
70	71,3	72,6	+1,3
80	72,8	69,9	-1,9

Based on the results of the revealed study, it can be noted that by regulating the moisture value (at least 66%), it is possible to control the process of biogas production and activate it, increasing (or decreasing) the ratio of methane concentration. The results obtained are in good agreement with the results set out in [20-25].

Hence, it can be stated that at the same time it will be possible to observe and predict the entire process of biogas production, the humidity regulation processor. This significantly affects the specific volume of biogas production, the moisture index of the fermented medium. Humidity can be used to control biological processes occurring in the bioreactor itself.

## Findings

For the production of biogas, the problems of improving the quality of control were identified, based on the identification and quantitative assessment of important factors affecting the increase in the volume and concentration of methane in the composition of biogas, as well as on the analysis of mathematical models of the fermentation process and the current state of management. Therefore, the need to

develop theoretical foundations, methods and algorithms for solving problems of intelligent control using the principles of neural networks and fuzzy systems, which form a promising direction for improving the efficiency of biotechnological production, was adjusted.

As a result of the analysis of the results obtained in the process of fermentation and production of biogas from various agricultural and livestock wastes, the advantages and disadvantages of existing clustering algorithms were revealed, and a method for automatic determination of generalized methods for improving the operational characteristics of elements of information-measuring and control systems using neuro-fuzzy logical systems was developed.

The control system using neuro-fuzzy logic made it possible to develop a methodology for implementing the Metrological Intelligence hardware and software complex in the "Patent Search" subsystem, which measures the effect of humidity, composition, and methane concentration in biogas production.

## References

1. Orsik L.S., Sorokin N.T., Fedorenko V.F., Buklagin D.S., Mishurov N.P., Tikhonravov V.S. Bioenergetics: World Experience and Development Forecasts [Text] / L.S. Orsik, N.T. Sorokin, V.F. Fedorenko, D.S. Buklagin, N.P. Mishurov, V.S. Tikhonravov; Ministry of Agriculture of Russia. Moscow, 2008. – 404 p.
2. Pantskhava E.S., Shipilov M.M., Paukov A.P., Kovalev N.D.; Electronic Journal of the Energy Service Company "Ecological Systems", 2008. – № 11.
3. Biotechnology. Ed. by A. A. Baev. Moscow, 1984. 50 p. (In Russian)
4. Twijdell J, Viestur U.E. Methane digestion of agricultural wastes. Moscow: Energoatomizdat. 1988. – 392 p.
5. Ten Hak Moon, Chen Wan Hen, E. L. Imranova, O. A. Kiriyenko, G. N. Ganin // Agrochemistry. – 2004. – № 2. – P. 1-4.
6. Badmasv Yu.Ts., Sergeev Yu.L. Results of laboratory studies of immobilization of methane-forming microorganisms on solid carriers [Text] / Yu.Ts. Badmaev, Yu.L. Sergeev // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. – 2017.- № 3(43). Pp. 70-77.
7. Kohonen T. Self-Organization and Associative Memory. 3rd ed. Springer information sciences series. Springer-Verlag, New York, 1989.
8. Kalandarov, P.I., Abdullayev, K.K. Features of the technology of anaerobic processing of biotails using humidity control devices. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 1043(1), 012011 doi:10.1088/1755-1315/1043/1/012011
9. Kalandarov, P., Tursunov, O., Abdulloev, H., Karimov, I. The effect of biomass moisture on the intensity of the fermentation process in biogas production. AIP Conference Proceedings., 2023, 2741(1), 050014  
<https://doi.org/10.1063/5.0130084>

10. Kalandarov, P.I. High-Frequency Moisture Meter for Measuring the Moisture Content of Grain and Grain Products Measurement Techniques, 2022, 65(4), pp. 297–303 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11018-022-02082-9>
11. Xayrulla Davlonov, Xamidulla Almardanov, Inomjon Khatamov, Sadreddin Urunboev, Palvan Kalandarov, and Orif Olimov. Study on heat and material balance of heliopyrolysis device. AIP Conference Proceedings, 2022, 2686, 020023 <https://doi.org/10.1063/5.0111855>
12. G.M. Zabarnyi, V.M. Lesnichy, G.A. Chetverik. Fuzzy model of the biogas production process for assessing the performance of a biogas plant / International Scientific Journal "Alternative Energy and Ecology" No 03 (121) 2013. Pp. 102-197.
13. Terano T., Asai K., Sugeno M. Applied fuzzy systems. Moscow: Mir. 1993. 368 p. (In Russian)
14. Kofman A. Introduction to the Theory of Fuzzy Sets. Moscow: Radio and Communication. 1982. 432 p. (In Russian)
15. Chernodub A.N., Dzyuba D.A. Review of Methods of Neuromanagement. 2011. № 2. Pp.79 -94.
16. Parsokhonov, A., Kalandarov, P., Olimov, O., Akhmedov, A. Device for generating electrical energy based on thermal expansion of a solid material. IOP Conference Series: Earth and Environmental, 2022, 1076(1), 012010 <https://doi:10.1088/1755-1315/1076/1/012010>
17. Nikolaev, A., Logunova, O., Garbar, E., Arkulis, M., Kalandarov, P. Estimation of The Surface Quality Of Galvanized Steel: The Method Of Decomposing The Image Into Layers. ACM International Conference Proceeding Series, 2021, Pp. 23–27 <https://doi:10.1145/3502814.3502818>
18. Kalandarov, P.I., Ikramov, G.I. Evaluation of the Efficiency of an Information and Measuring System for Monitoring the Temperature and Humidity of Grain Products. Measurement Techniques., 2023, 66(4), Pp. 237–243 <https://doi.org/10.1007/s11018-023-02216-7>
19. P Kalandarov, and O Olimov. Measuring systems in technologies of automated humidity control. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1142 (2023) 012005 <https://doi:10.1088/1755-1315/1142/1/012005>
20. Pantskhava, E.S. Biogas Technologies. Problems of Ecology, Energy, Agricultural Production [Text] / E.S. Pantskhava, M.G. Berengarten, S.I. Vainshtein; Federal Agency for Education of the Russian Federation. Moscow: [Moscow State University of Engineering Ecology, ZAO Center "Ecoros"], 2008. – 217 p.
21. Matvienko N.G., Kudryashov V.V., Zimakov B.M. Mining Aerogas Dust Dynamics and Integrated Safe Development of Subsoil. Mountain Herald. – 1997.- № 5. - P. 109-114
22. Petrova I. Yu., Zaripova V. M., Lezhnina Y. A., Sokolsky V. M., Mitchenko I. A. Energoinformatsionnye modeli biosensorov [Energoinformatsionnye modeli biosensorov]. Control, Computer and Informatics Series. 2015. № 3. C. 35–48.
23. Kozlov A.M., Karpov A.B., Kondratenko A.D., Kosheleva Yu. G. Methionine production as an efficient way to process hydrogen sulfide // Neftegaz.ru. – 2019. – № 4S. – P. 50–52.
24. Vinarov A.Y. Promising base of domestic protein feeds obtained during biosynthesis on natural gas // Effective animal husbandry. – 2018. – № 4. – P. 80–81.

25. Tikhonravov V. S. Resource-saving biotechnologies for the production of alternative types of fuel in animal husbandry. analyt. review. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2011. – 52 p.

**UDK. 2236.265**

## **KARTOSHKANI KOLORADO QO'NG'IZI ZARARIDAN HIMoya QILISHDA ELEKTROFIZIK TA'SIRLARDAN FOYDALANISH VA ASOSLASH**

**Turdibayev Abduvali Abdujalolovich** - "TIQXMMI" MTU  
"Elektrotexnologiya va elektr uskunalar ekspluatatsiya kafedrasi dotsenti,  
[turdiboev1983@mail.ru](mailto:turdiboev1983@mail.ru)

**Abdikarimov Abdiraxim Abdijabbor o'g'li** - "TIQXMMI" MTU tayanch doktoranti [addiraximabdikarimov@gmail.com](mailto:addiraximabdikarimov@gmail.com)

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada Qishloq xo'jaligini yanada rivojlantirish hamda poliz ekinlaridan samarali hosil olish chora-tadbirlari to'g'risida shu bilan birgalikda poliz ekinlarining kushandasi bo'lgan kolorado kartoshka qo'ng'izi haqida ma'lumotlar berlib o'tilgan. Kolorado kartoshka qo'ng'izining tuzilishi, xususiyatlari bo'yicha ilmiy ma'lumotlar keltirilib, unga qarshi kurashishning mikroto'lqinli elektromagnit maydon va elektrofizik ta'sir ko'rsatish bo'yicha olib borilayotgan tadqiqotlar natijalari tahlili yoritib berilgan. Shu bilan birgalikda poliz ekinlaridaga kolorado qo'ng'izining tuxumdonlari va lichinkalarini mikroto'lqinli nurlanish orqali 2450 ( $\pm 49$ ) MGts tebranish chastotasi bilan 60 Vt mikroto'lqinli pechning emitentidan foydalangan holda qayta ishlashda ishlov berish samaradorligi 10-90 soniya ichida bo'lganligi hamda 0%, 2,5 min - taxminan 100% tuxum qo'yishga qarshi, ikkinchi bosqich lichinkalari 80%, uchinchi - 50%, to'rtinchi - 30%; 3-5 daqiqa, mos ravishda - 100%, 90-95, 80 va 50-52%. tashkil qilganligi haqida malumotlarni ko'rishingiz mumkin. Poliz ekinlarida kolorado qo'ng'izdan xalos bo'lish uchun 60 Vt mikroto'lqinli pechning 2450 MGts tebranish chastotasi bilan emitentidan foydalangan holda kolorado qo'ng'izidan batamom xalos bo'lishimiz mumkinligi va albatda mikroto'lqinli elektromagnit maydon ta'sirida qishloq xo'jaligi poliz ekinlarini zararkunanda hasharotlardan va kolorado kartoshka qo'ng'izidan himoya qilish ekologik toza usul ekanligi alohida ta'kidlangan.

**Kalit so'zlar:** Kolorado qo'ng'izi, bargxo'rlar, imago, lichinka, elektromagnit radiatsiyalar, elektrofizik tasir, mikroto'lqinli elektromagnit maydon, kimyoviy usullar, agro texnik usul, qiruvchi usullar.

**Аннотация:** В данной статье приведены сведения о дальнейшем развитии сельского хозяйства и мерах по получению эффективного урожая от полисов, а также сведения о колорадском жуке, который является вредителем полисов. Приведены научные сведения о строении и

особенностях колорадского жука, а также освещен анализ результатов исследований по использованию микроволнового электромагнитного поля и электрофизических воздействий для борьбы с ним. При этом установлено, что эффективность обработки урожая завязей и личинок колорадского жука СВЧ-излучением с использованием излучателя СВЧ-печи мощностью 60 Вт с частотой вибратора 2450 ( $\pm 49$ ) МГц находилась в пределах 10-90 секунд и 0%, 2,5 мин - около 100% против яйценоскости, личинки второй стадии 80%, третий - 50%, четвертый - 30%; 3-5 минут соответственно - 100%, 90-95, 80 и 50-52%. Вы можете увидеть информацией об организацией. Подчеркивается, что полностью избавиться от колорадского жука можно, используя излучатель СВЧ-печи мощностью 60 Вт с частотой вибратора 2450 МГц для избавления от колорадского жука в посевах риса, и это, безусловно, экологически чистый способ защиты сельскохозяйственных посевов риса от вредных насекомых и колорадского жука под воздействием электромагнитного поля СВЧ.

**Ключевые слова:** Колорадский жук, листоеды, имаго, личинка, электромагнитное излучение, электрофизическое воздействие, электромагнитное поле СВЧ, химические методы, агротехнический метод, способы борьбы.

**Abstract:** This article provides information on measures for the further development of agriculture and effective harvesting of melon crops, as well as on the Colorado potato beetle, a pest of melon crops. Scientific data on the structure and properties of the Colorado potato beetle are presented, and an analysis of the results of research on the use of microwave electromagnetic fields and electrophysical effects to combat it is presented. At the same time, it is noted that the treatment of Colorado potato beetle eggs and larvae in melon crops with microwave radiation using a 60 W microwave emitter with a vibration frequency of 2450 ( $\pm 49$ ) MHz was effective within 10-90 seconds and 0%, 2.5 min - about 100% against egg laying, 80% against second-stage larvae, 50% against third-stage larvae, and 30% against fourth-stage larvae; 3-5 minutes, respectively - 100%, 90-95, 80 and 50-52%. You can see the data on the fact that it was. It is emphasized that we can completely get rid of the Colorado beetle using a 60 W microwave emitter with a vibration frequency of 2450 MHz to get rid of the Colorado beetle in melon crops, and of course, it is an environmentally friendly method to protect agricultural melon crops from insect pests and the Colorado beetle under the influence of a microwave electromagnetic field.

**Keywords:** Colorado potato beetle, leafhoppers, imago, larva, electrophysical effects of electromagnetic radiation, microwave electromagnetic field, chemical methods, agrotechnical methods, pest control methods.

**Kirish.** Jahonda aholining oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashda agrar sohaning o'rni va ahamiyati kundan-kunga oshib bormoqda, mo'l hosil yetishtirish uchun resurs tejamkor texnologiyalar va texnika vositalarining yangi ilmiy-texnikaviy yechimlarini ishlab chiqishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

**O‘zbekiston Respublikasi qishloq xo‘jaligini rivojlantirishning 2020-2030 yillarga mo‘ljallangan strategiyasida**, oziq-ovqat mahsulotlari xavfsizligini ta’minlash va iste’mol ratsionini yaxshilash, talab etiladigan miqdordagi oziq-ovqat mahsulotlari yetishtirishni nazarda tutuvchi oziq-ovqat xavfsizligi davlat siyosatini ishlab chiqish va joriy etish masalalari ko‘zda tutilgan.

**Ushbu qonunda har bir hududda kamida bittadan agrologistika markazlari barpo etilishi va** mazkur markazlarda xalqaro bozorlarda tan olingan sifat sertifikatlarini olish imkoniyati yaratilishi haqida bayon etilgan. Xalqaro bozorlarda tan olingan sifat sertifikatlarini olish o‘z-o‘zidan bo‘lib qolmaydi albatta. Buning uchun qishloq xo‘jaligida ancha samarali texnologiyalarni qo’llash orqali sifatli oziq-ovqat yetishtirishga erishish mumkin. Bugungi kunga kelib qishloq xo‘jaligidasifatli mahsulot yetishtirish, albatda bir qancha zararkunanda hashoratlarga qarshi kurashish texnikisi va usullarini bilishni taqozo etadi.

Bu borada qishloq xo‘jaligida ilmiy-tadqiqot, ta’lim va maslahat xizmatlarining ishlab chiqarish bilan integratsiyalashgan bilim va ma’lumotlarni tarqatishning samarali shakllarini qo’llashni nazarda tutuvchi “Ilm-fan, ta’lim, axborot va maslahat xizmatlari tizimini rivojlantirish”ni **amalga oshirish borasida bir qancha vazifalar belgilab berilgan.**

### **Maqsad.**

Kolorado kartoshka qo‘ng‘iziga qarshi kurashishning samarali texnikasini ishlab chiqish va poliz ekinlaridan yuqori va barqaror hosluni olishni ta’minlash.

Kolorado qo‘ng‘iziga qarshi kurashishda, qo‘ng‘izning yuqori unumдорлиги, tuxum qo‘yish davrining uzoq davom etishi, lichinkalarning chiqishi va rivojlanishi, populatsiya, avlodlar sonining beqarorligi kabi ko‘plab omillarga duch kelishimiz mumkin. Elektrofizik ta’sirlar bilan poliz ekinlarini zararkunanda hasharotlardan va kolorado qo‘ng‘izidan himoya qilish ekologik toza usul bo‘lib, nazorat jarayonini sezilarli darajada faollashtirishga imkon beradi. Elektromagnit to‘lqinlar ishlov berilgan maydonning butun maydoniga teng taqsimlanadi. Elektromagnit to‘lqinlar zararkunandalar rivojlanishining barcha bosqichlariga ta’sir qiladi va bu zararkunandalarni deyarli 100% yo‘q qilish imkonini beradi.

### **Metodologiya.**

Kolorado kartoshka qo‘ng‘izi bargxo‘rlar turkumining qo‘ngizlar oilasiga mansub hasharot, ashaddiy xavfli o‘simplik zararkunandasi. Tanasi uzunligi 9 – 12 mm, yelka va ust qanoti sarg‘ish yoki sarg‘ish - qizil, oldingi yelkasida 12–14 ta qora dog‘lari bor, qanoti ustidan 5 ta qora chiziq o‘tgan. Tuxumining kattaligi 1,2–1,8 mm, qurtining uzunligi 15–16 mm, Pushti - qizil, g‘umbagi 10–12 mm. Kolorado qo‘ng‘izi tuproqda (20–50 sm chuqurlikda) qo‘ng‘izlik davrida qishlab, aprel oyida qishlovdan chiqadi va o‘simpliklar bilan oziqlanadi. Tuxumlarining rivojlanishi 3–5 kun, g‘umbaginiki 6–9 kun. Tuxumdan chiqqan qurtlar 20 kun atrofida o‘simpliklar bargi bilan oziqlanadi va tuproqda g‘umbakka aylanadi. 1–2 havftadan so‘ng yosh qo‘ng‘izlar paydo bo‘ladi, barg bilan oziqlanib, yana tuxum qo‘yadi.(1-rasm)



### **1-rasm. Kolorado kartoshka qo‘ng‘izining 1 va 2-bosqich tuxumlari va lichinkalarining rivojlanish bosqichlari**

Lichinkasi tanasining rangi birinchi va ikkinchi yoshda qora qo‘ng‘ir, uchinchi yoshdan boshlab lichinka och-to‘q sariq rangli bo‘ladi. O‘zining rangi va xo‘raligi bilan u boshqa mahalliy bargxo‘rlardan oson farqlanadi. Kolorado qo‘ng‘izi ham uning lichinkalari, ham ituzumdoshlarning barglari bilan oziqlanadi: kartoshka, pomidor, baqlajon, kamdan-kam tamaki o‘simgiliga qishlab chiqqan urg‘ochilar bahordan kuzgacha barglarning pastki qismiga och to‘q sariq rangli tuxumlar qo‘yishadi.

Kolorado qo‘ng‘izi O‘zbekiston hududining Xorazim viloyati va Qoraqalpog‘iston Respublikasidan tashqari yurtimizning barcha hududlarida tarqalgan. O‘zbekistonning tekislik qismlarida tuxum qo‘yishi aprel oyining o‘rtalariga tog‘ oldi qismlarida esa aprel oyining oxiri va may oyining boshlariga to‘g‘ri keladi. Qo‘ng‘izlar ko‘plab tuxum qo‘yadigan davr ular birinchi tuxum qo‘yan vaqtidan bir ikki hafta o‘tib boshlanadi va ikki-uch hafta davom etadi. Urg‘ochi qo‘ng‘izlar tuxumlarni bargning ostki qismiga to‘p-to‘p qilib, 30-40 ba’zan 100 donagacha qo‘yadi. Ular qo‘yan tuxum o‘rta hisobda 500-1800 tagacha yetadi. Kolorado qo‘ng‘iziga qarshi kurashishda, qo‘ng‘izning yuqori unumdorligi, tuxum qo‘yish davrining uzoq davom etishi, lichinkalarning chiqishi va rivojlanishi, populatsiya, avlodlar sonining beqarorligi kabi koplab omillarga duch kelishimiz mumkin.

Mikroto‘lqinli elektromagnit maydon ta‘sirida qishloq xo‘jaligi poliz ekinlarini zararkunanda hasharotlardan himoya qilish ekologik toza usul bo‘lib, nazorat jarayonini sezilarli darajada (2-rasm) faollashtirishga imkon beradi.



## **2-rasm. Mikroto'lqinli elektromagnit maydon bilan ishlov berilgandan keyin xolati.**

Elektromagnit to'lqinlar ishlov berilgan maydonning butun maydoniga teng taqsimlanadi. Elektromagnit to'lqinlar zararkunandalar rivojlanishining barcha bosqichlariga ta'sir qiladivabu zararkunandalarni deyarli 100% yo'q qilish imkonini beradi. Kolorado qo'ng'iziga qarshi kurashishda elektromagnit maydondan ta'siridan foydalanish bo'yicha tadqiqotlar olib borilgan.

Ekinlar, odamlar va atrof-muhit uchun eng kam energiya talab qiladigan va xavfsiz

2450 MGts to'lqin chastotasi bilan 20 Vt quvvatga ega mikroto'lqinli nurlanishdir. 7 daqiqa davomida mikroto'lqinli nurlanish bilan zararkunanda tomonidan ommaviy tuxum qo'yish davrida kattalar va tuxumdonlarni davolash samaradorligi taxminan 100% ni tashkil qiladi. Usulning samaradorligi zararkunandalar uchun noqulay ob-havo sharoitida oshadi. Katta yoshli Kolorado qo'ng'izini mikroto'lqinli nurlanish bilan davolashdan 3-4 kun o'tgach insektitsidlar bilan davolash insektitsidlarning samaradorligini 30-50% ga oshiradi.

2450 MGts to'lqin chastotasi bilan 20 Vt quvvatga ega mikroto'lqinli diapazondagi elektromagnit nurlanish ta'siri ostida, Kolorado kartoshka qo'ng'izining katta yoshlilarining omon qolishi va faolligi nazorat ostida va 4 daqiqa davomida radiatsiya bilan ishlov berilganda edi. 100%, 5-6 daqiqa, mos ravishda - 80-100 va 50-90%, 7 daqiqa. -40-80%. Nurlanish bilan tajribada ovipozitsiyadagi tuxumlar soni 41-68% ga kamaydi. 4 daqiqa davomida davolanganda urg'ochilarining fertilligi. ovipozitsiyalar soni bo'yicha 27-36% ga kamaydi (tuxumlar sonida 71-77%), 5-7 min. - 50-93 (64-96); urg'ochilarни 4 daqiqa davomida davolashda qo'yilgan tuxumdan chiqqan lichinkalar soni. - 78-85% ga, 5 min. - 88-100%, 7 min. - 100%, nazorat bilan solishtirganda. 6-7 daqiqa davomida mikroto'lqinli nurlanish bilan erkaklarni davolash. ularning to'liq bepushtligiga olib keladi

2010 yilning o'tkir qurg'oqchilik yilida o'tkazilgan tajriba shuni ko'rsatganki, yuqori kunlik va o'rtacha kunlik haroratlar va yog'ingarchilikning uzoq davom etmasligi bilan noqulay ob-havo sharoiti Kolorado qo'ng'izining imagosiga

tushkunlikka olib keladi va unga qarshi mikroto'lqinli nurlanishdan foydalanish samaradorligini 100% ga oshiradi.

### Natijalar.

Kolorado qo'ng'iziga elektromagnit radiatsiyalar tasirini ko'rib chiqilgan.Umumiy tadqiqot metodologiyasini ishlab chiqish va nazariy asoslarni tasdiqlash uchun 2004 yil may oyining oxirida qidiruv tajribasi o'tkazilgan. Ushbu tajribaning maqsadi EHF va mikroto'lqinli diapazonlarda radiatsiya bilan ishlov berish vaqt va kuchining tuxum qo'yish rivojlanishiga va birinchi va ikkinchi bosqich lichinkalarining hayotiy faolligiga bog'liqligini aniqlash edi.

Tuxum va lichinkalarni "Yov-1" tabbiy asbobi yordamida EHF nurlanishi bilan davolashda 15 va 20 daqiqa davomida ishlov berilgan tuxum qo'yishning rivojlanish vaqtি bir kunga qisqardi. Ushbu eksperimental variantlardagi lichinkalar normal rivojlangan.25 daqiqa davomida ishlov berilganda. Tuxumlarning 11% qurib qolgan, qolgan tuxumlardan 58% lichinkalar chiqqan, ularning 50-60%i 4-bosqichga yetib, qo'g'irchoqlashgan (1-jadval).30 daqiqa davomida ishlov berilganda.barcha tuxum qo'yish va lichinkalar nobud bo'ldi. Kolorado kartoshka qo'ng'izining tuxumlari va lichinkalariga qarshi EHF nurlanishining o'rtacha umumiy samaradorligi tajribaning birinchi va ikkinchi variantlarida (15-20 daqiqa davomida EHF nurlanishi bilan davolash) taxminan 1-4%, uchinchi variantda (25 daqiqa) ni tashkil etdi. ) - 32- 48%, to'rtinchi (30 min.) - 100%, nazorat bilan solishtirganda.Nurlanish vaqtining uzoq samarali davomiyligi (30 daqiqa) dala sharoitida Kolorado kartoshka qo'ng'iziga qarshi kurashish uchun EHF diapazonida elektromagnit nurlanishdan foydalanishni qiyinlashtiradi.

### 1-jadval.

#### **EHF nurlanishining Kolorado kartoshka qo'ng'izining 1 va 2-bosqich tuxumlari va lichinkalarining rivojlanishiga ta'siri**

		Rivojlanish bosqichi	Quritilgan tuxum, %	Lichinkalar tuxumdan hisqdi, %	2 yoshga ko'chirildi, %	3 yoshga ko'chirildi, %	4 yoshga ko'chirildi, %
	Qayta ishlash vaqtি, min						
15	15	tuxum qo'yish	0	74			
		1-bosqich lichinkalari			100	100	96
		2-bosqich lichinkalari				98	98
20	20	tuxum qo'yish	0	76			
		1-bosqich lichinkalari			100	97	97
		2-bosqich lichinkalari				100	97
25	25	tuxum qo'yish	11	58			
		1-bosqich lichinkalari			80	70	50
		2-bosqich lichinkalari				70	60
30	30	tuxum qo'yish	100	0			
		1-bosqich lichinkalari			60	20	0
		2-bosqich lichinkalari				50	0

	Nazorat	tuxum qo'yish	0	77			
		1-bosqich lichinkalari			100	99	97
		2-bosqich lichinkalari				100	98

Kolorado kartoshka qo'ng'izining tuxumdonlari va lichinkalarini mikroto'lqinli nurlanish bilan 2450 ( $\pm 49$ ) MGts tebranish chastotasi bilan 60 Vt mikroto'lqinli pechning emitentidan foydalangan holda qayta ishlashda ishlov berish samaradorligi 10-90 soniya ichida bo'ladı. 0%, 2,5 min. - taxminan 100% tuxum qo'yishga qarshi, ikkinchi bosqich lichinkalari 80%, uchinchi - 50%, to'rtinchi - 30%; 3-5 daqiqa, mosravishda - 100%, 90-95, 80 va 50-52%. Davolashning samaradorligini oshirish uchun uning davomiyligi 5 daqiqadan ko'proq bo'lishi kerak.

Ekinlar, odamlar va atrof-muhit uchun eng kam energiya talab qiladigan va xavfsiz

2450 MGts to'lqin chastotasi bilan 20 Vt quvvatga ega mikroto'lqinli nurlanishdir. 7 daqiqa davomida mikroto'lqinli nurlanish bilan zararkunanda tomonidan ommaviy tuxum qo'yish davrida kattalar va tuxumdonlarni davolash samaradorligi taxminan 100% ni tashkil qiladi.

### Xulosalar.

Bugungi kunga kelib, Kolorado qo'ng'izi sintetik piretroidlarga va ayniqsa organik fosfor preparatlariga qarshilik ko'rsatdi, ulardan foydalanish iqtisodiy jihatdan foydasiz bo'lib bormoqda. Kolorado qo'ng'izining yangi dori vositalariga, xususan mos pilan va aktaraga chidamliligining paydo bo'lishi, ulardan foydalanish faqat 2003 yilda boshlanganligi kuzatilmoqda. Ushbu zararkunandaga qarshi kurashning yangi, samaraliroq va ekologik toza usullarini izlashni taqozo etadi.

Yav-1 tibbiy asbobi yordamida Kolorado qo'ng'izining poliz ekinlariga tuxum qo'yishi va lichinkalariga EHF elektromagnit nurlanishining ta'siri birinchi marta laboratoriya sharoitida o'tkazildi. Ishlaydigan to'lqin uzunligi 5,6 mm, tebranish chastotasi 53,534 ( $\pm 10$ ) MGts. Kolorado qo'ng'izining tuxumlari va lichinkalariga qarshi EHF nurlanishining o'rtacha umumiy samaradorligi, ular 15-20 daqiqa davomida qayta ishlanganida 27-28%ni tashkil etdi, 25 min. - 72%, 30 min - 100%.

Poliz ekinlarida kolorado qo'ng'izining tuxumdonlari va lichinkalarini mikroto'lqinli nurlanish bilan 2450 ( $\pm 49$ ) MGts tebranish chastotasi bilan 60 Vt mikroto'lqinli pechning emitentidan foydalangan holda qayta ishlashda ishlov berish samara dorligi 10-90 soniya ichida bo'ladı. 0%, 2,5 min. - taxminan 100% tuxum qo'yishga qarshi, ikkinchi bosqich lichinkalari 80%, uchinchi - 50%, to'rtinchi - 30%; 3-5 daqiqa, mosravishda - 100%, 90-95, 80 va 50-52%. Tashkil qilgan.

2450 MGts to'lqin chastotasi bilan 20 Vt quvvatga ega mikroto'lqinli diapazondagi elektromagnit nurlanish ta'siri ostida,

Kolorado kartoshka qo'ng'izining katta yoshlilarining omon qolishi va faolligi nazorat ostida va 4 daqiqa davomida radiatsiya bilan ishlov berilganda edi. 100%, 5-6 daqiqa, mosravishda - 80-100 va 50-90%, 7 daqiqa. -40-80%. Nurlanish bilan tajribada ovi pozitsiyadagi tuxumlar soni 41-68% ga kamaydi. 4 daqiqa davomida davolanganda urg'ochilarning fertilligi ovipozitsiyalar soni bo'yicha 27-36% ga kamaydi (tuxumlar sonida 71-77%), 5-7 min - 50-93 (64-96); urg'ochilarni 4 daqiqa davomida davolashda qo'yilgan tuxumdan chiqqan lichinkalar soni. - 78-

85% ga, 5 min. - 88-100%, 7 min. - 100%, nazorat bilan solishtirganda 6-7 daqqa davomida mikroto'lqinli nurlanish bilan erkaklarni davolash ularning to'liq bepushtligiga olib kelganligi aniqlangan.

Poliz ekinlarida kolorado qo'ng'izdan xalos bo'lish uchun 60 Vt mikroto'lqinli pechning 2450 MGts tebranish chastotasi bilan emitentidan foydalangan holda kolorado qo'ng'izidan xalos bo'lishimiz mumkin.

### **Foydalanolgan adabiyotlar.**

15. Айдаров Ш.Г. Исследование сортирования опущенных семян хлопчатника в электрокоронном барабанном сепараторе: Автореф. дис. ... канд.техн. наук. – Янгиюль, 1976. – 21 с.

Арипов А.О. Разработка технологии и технический средств электрического воздействия на систему "семя, почива, растение" для производства семен пастбищных культур на семеноводческих полощадках;Автореферат.дисс.доктора философии (PhD) по техническим наукам. Ташкент. 2022 г.

16. Asosiy qishloq xo'jaligi ekinlarini parvarishlash va maxsulot yetishtirish bo'yicha namunaviy texnologik kartalar. 1999-2005 yillar. Toshkent. 1999 yil. Bозор isloxoatlari ilmiy tadqiqot instituti.

17. Баев В.И. Оптимальные параметры и режимы работы разрядного контура при электрической предуборочной обработки подсолнечника. Дис. канд.тех.наук. Волгаград,1971г.

18. Вирусное вирусоподобное болезни и семеноводство картофеля. КАР, Додрых, 2005-Абед Гера, Шеломо Марко. Определение идентификатсия вирусов картофеля 155 с.

19. Джурабаев М. Электростимуляция тутового шелкопряда и листьев шелковицы.Автореф.дисс.докт.техн.наук.Ташкент,2002,35с

20. Джурабаев М., Мухаммадиев А. Электрическое воздействие на живые организмы. информатики и энергетики.1997;№ 1-2,78-81 .

21. Juraev A.M. (ish rahbari. Muxammadieva S.A) va boshqalar. Paxtaga elekrotexnologik ishlov berishning iqtisodiy samaradorligi. O'zbekiston Respublikasi bozor isloxoatlari ilmiy tadqiqot instituti. Ilmiy texnik xisobot .1999 yil Toshkent.

22. Завей-Борода В.Р. Установки для облучения растений // Сб. науч. тр. Энергетика и энергосбережение. - Красноярск, 2003. – С. 22-26.

23. Zuev I.V., Qodirxo'jaev O., Adilov M.M., Akramov U.I.Cabzavotchilik va polizchilik// – TOSHKENT, 2010 – В. 221-222.

24. Исмаилов М.И. Электротехнология в производстве хлопка сырца. Автореф.дисс.докт.тех.наук.Москва,1997. 316.

25. Каримов И.И. Повышение эффективности облучения растений с использованием светодиодных светильников в сооружениях закрытого грунта (на примере семенного картофеля): Дис... канд. тех. наук. – Уфа: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, -2017. – 153 с.

26. Клинов А.А. О действии электроискрового разряда на живые растительные организмы и возможностях его практического использования в сельскомхозяйственном производстве. Труды Волгоградского СХИ,1969.г.

27. Козырева И.Н., Никитин В.Д. Сравнение источников излучения для растениеводства по стоимости единицы световой энергии и аналогам // Научный журнал КубГАУ. -2014.- С. 1-14.
28. Кондратьева Н. П., Бузмаков Д.В., Осокина А.С., Батурина А.И., Маркова М.Г., Сомова Е.Н., Батурина К.А. Разработка ресурсо и энергосберегающего электрооборудования для реализации энергоэффективных электротехнологий для воздействия на биологические объекты // Ж. Агротехника и энергообеспечение.-2019.-№3(24). – С. 39-44
29. Крученко Н.Ю. Параметры и режимы электроактиватора для приготовления рабочего состава гербицидов. Дисс.докт.тех. наук-Москва-2007. 35 б.
30. Лапшинов Н. А. Селекция и семеноводство картофеля в Кузбассе - 2007.-№12.-С.42-44.
31. Малышев В.В. О возможности оценки количественных критериев разноспектральных ламп для растениеводства по световым параметрам // Ассоциация теплицы России: информационный сборник.– 1999.№ 2.– С. 4-7.
32. Маслобод С.Н. Электрофизиологическая полярность растений. Кшинев 1973г.
33. Hare, J. Ecology And Management Of The Colorado Potato Beetle [Text] / J. Hare // Annual Review of Entomology. — 1990. — Vol. 35, № 1. — P. 81–100. doi:10.1146/annurev.ento.35.1.81
34. <https://www.gazeta.uz/oz/2019/07/10/kolorado/>

**УДК: 633.854.78:631.57:631.362**

## **KUNGABOQAR DONINI QURITISH TEXNOLOGIYALARINING AFZALLIKLARI VA KAMCHILIKLARI**

**Baltabayev Baxadir Zaxidjon o'g'li** - "TIQXMMI" MTU tayanch doktoranti, [b\\_baltabayev@tiiame.uz](mailto:b_baltabayev@tiiame.uz)

**Matchonov Oybek Qo'chqorovich** - "TIQXMMI" MTU "Elektrotexnologiya va elektr uskunalar ekspluatatsiyasi" kafedrasi dotsenti, [o.matchonov@tiiame.uz](mailto:o.matchonov@tiiame.uz)

**Sapayev Navro'zbek Axmedjon o'g'li** - "TIQXMMI" MTU tayanch doktoranti, [n\\_sapayev@tiiame.uz](mailto:n_sapayev@tiiame.uz)

**Annotatsiya.** Kungaboqar donini quritish qishloq xo'jaligida urug'larning saqlanishi, sifatini yaxshilash va buzilishining oldini olish uchun muhim jarayon hisoblanadi. Ushbu maqolada turli quritish texnologiyalari, jumladan quyosh quritgichlari, elektromagnit induksiya va past bosimli tizimlar kabi usullarning afzalliklari va kamchiliklari tadqiqot natijalari asosida tahlil qilinadi. Quritish texnologiyalari samaradorlikni oshirish, mahsulot sifatini saqlash, atrof-muhit barqarorligini ta'minlash va quritish vaqtini qisqartirish kabi afzalliklarga ega. Biroq, yuqori boshlang'ich xarajatlar, ob-havoga bog'liqlik, haddan tashqari quritish potentsiali va texnik xizmat ko'rsatishning murakkabligi kabi kamchiliklar

ham mavjud. Maqolada turli quritish texnologiyalarining qiyosiy tahlili keltirilgan bo'lib, ularning qishloq xo'jaligida qo'llash imkoniyatlari va cheklowlari ko'rib chiqilgan. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadi, quritish texnologiyalarini tanlashda resurslar, iqlim sharoiti va ishlab chiqarish miqyosi kabi omillar muhim rol o'yinaydi.

**Kalit so'zlar.** kungaboqar doni, quritish texnologiyalari, quyosh quritgichlari, elektromagnit induksiya, atrof-muhit barqarorligi, mahsulot sifatini saqlash, quritish vaqt, energiya samaradorligi, yuqori boshlang'ich xarajatlar, ob-havoga bog'liqlik

**Аннотация.** Сушка семян подсолнечника является важным процессом в сельском хозяйстве, обеспечивающим сохранение, поддержание качества и предотвращение порчи семян. В данной статье анализируются преимущества и недостатки различных технологий сушки, включая солнечные сушилки, электромагнитную индукцию и системы низкого давления, на основе результатов исследований. Технологии сушки предлагают такие преимущества, как повышение эффективности, сохранение качества продукции, экологическая устойчивость и сокращение времени сушки. Однако существуют и проблемы, такие как высокие начальные затраты, зависимость от погодных условий, потенциальное пересушивание и сложность технического обслуживания. В статье представлен сравнительный анализ различных технологий сушки, исследующий их применение и ограничения в сельском хозяйстве. Исследования показывают, что такие факторы, как ресурсы, климатические условия и масштаб производства, играют важную роль при выборе технологий сушки.

**Ключевые слова.** семена подсолнечника, технологии сушки, солнечные сушилки, электромагнитная индукция, экологическая устойчивость, сохранение качества продукции, время сушки, энергоэффективность, высокие начальные затраты, зависимость от погодных условий.

**Annotation.** Sunflower seed drying is a crucial process in agriculture, ensuring the preservation, quality maintenance, and prevention of spoilage of seeds. This article analyzes the advantages and disadvantages of various drying technologies, including solar dryers, electromagnetic induction, and low-pressure systems, based on research results. Drying technologies offer benefits such as improved efficiency, preservation of product quality, environmental sustainability, and reduced drying time. However, challenges such as high initial costs, weather dependency, potential over-drying, and maintenance complexity also exist. The article provides a comparative analysis of different drying technologies, exploring their applications and limitations in agriculture. Research indicates that factors such as resources, climate conditions, and production scale play a significant role in selecting drying technologies.

**Keywords.** sunflower seeds, drying technologies, solar dryers, electromagnetic induction, environmental sustainability, product quality preservation, drying time, energy efficiency, high initial costs, weather dependency.

## KIRISH

Kungaboqar donini quritish qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida muhim jarayon bo'lib, urug' sifatining saqlanishini ta'minlaydi va saqlash muddatini uzaytiradi. Quritish jarayoni buzilishning oldini olish va ularning ozuqaviy va unib chiqish xususiyatlarini saqlab qolish uchun kungaboqar urug'larining namlik miqdorini kamaytirishni o'z ichiga oladi. Samarali quritishga erishish uchun har xil texnologiyalar va usullar qo'llaniladi, ularning har biri o'z afzalliklari va kamchiliklariga ega. Ushbu maqola kungaboqar donini quritishda qo'llaniladigan hozirgi texnologiyalar va metodologiyalarni o'rGANADI, so'nggi tadqiqotlardan olingan tushunchalarni oladi.

### Kungaboqar donini quritish texnologiyalarining afzalliklari

#### 1. Iqtisodiy samaradorlik.

Quyosh quritgichlari kabi zamonaviy don quritish texnologiyalari foydali ish koefitsienti va iqtisodiy samaradorlikning sezilarli yaxshilanishini taklif qiladi. Masalan, quyosh quritgichlari bepul quyosh energiyasidan foydalanadi, qimmatbaho qazilma yoqilg'iga ishonishni kamaytiradi va operatsion xarajatlarni pasaytiradi [1], [2]. Bundan tashqari, gibrid tizimlar va termoissiqlik materiallarini o'z ichiga olgan rivojlangan quyosh quritgichlari kostruktsiyalari an'anaviy quritgichlarga nisbatan yuqori issiqlik samaradorligini va energiya samaradorligini namoyish etadi [3], [4].

#### 2. Mahsulot sifati

Elektromagnit induksiya va past bosimli tizimlar kabi quritish texnologiyalari kungaboqar urug'larining kimyoviy yaxlitligi va unib chiqish salohiyatini saqlab qolishini termo-solar quritgichiga qaraganda ko'piroq ta'minlaydi. Masalan, elektromagnit induksiyon quritgichlari don tarkibidagi oqsillarining 99,1% gacha ushlab qoladi va urug'ning unib chiqish samaradorligini oshiradi, ayniqsa qisqaroq muddatlarda ishlatilganda [5]. Xuddi shunday, boshqariladigan muhitga ega quyosh quritgichlari haddan tashqari quritishning oldini oladi va urug'larning ozuqaviy sifatini saqlab qoladi [6], [7].

#### 3. Atrof-muhitni ifoslantirmasligi

Quyosh nuri asosida ishlaydigan quritish texnologiyalari ekologik jihatdan qulay bo'lib, qayta tiklanadigan energiya manbalariga tayanadi va issiqlixona gazlari chiqindilarini minimal darajada kamaytiradi. Tadqiqotlarga ko'ra, quyosh quritgichlari an'anaviy quritish usullari bilan solishtirilganda karbonat angidrid chiqindilarini yiliga 1,22 tonnagacha qisqartirishi mumkin [8]. Shuningdek, quyosh energiyasidan foydalanish qayta tiklanmaydigan energiya manbalariga bog'liqlikni

kamaytirib, barqaror qishloq xo‘jaligi amaliyotlarini rivojlantirishga yordam beradi [9], [10].

#### 4. Quritish vaqtini qisqartirish

Elektromagnit induksiyon va past bosimli tizimlarni ishlataligani muayyan quritish texnologiyalari urug‘ sifatiga zarar yetkazmasdan quritish vaqtini sezilarli darajada kamaytiradi. Masalan, elektromagnit induksiyon quritgichlari kerakli namlik darajasiga boshqa quritgich turlari talab qiladigan 4 soat bilan solishtirganda atigi 0,5 dan 1 soat ichida erishishi mumkin [5]. Xuddi shunday, quyosh kollektorli tebranadigan to‘sak quritgichlari 31,36 kg kungaboqar urug‘ini atigi 8 soat ichida o‘rtacha 7,9% namlik darajasiga qadar quritishi mumkin [11].

#### 5. Ko‘p qirrali va keng qamrovli

Mazkur ko‘p qirrali quritish qurilmalari turli xil dehqonchilik mahsulotlarini samarali quritish imkonini beradi. Zamonaviy quritish texnologiyalari yuqori moslashuvchanlikka ega bo‘lib, kichik dehqonchilik xo‘jaliklaridan tortib sanoat miqyosidagi dasturlargacha turli sharoitlarda qo‘llanishi mumkin. Masalan, quyosh quritgichlari ham uy xo‘jaliklari, ham sanoat ehtiyojlari uchun moslashgan bo‘lib, ishlab chiqarishda moslashuvchanlik va masshtablash imkoniyatini ta’minlaydi [4], [10]. Ushbu xususiyat ularni turli qishloq xo‘jaligi sharoitlariga va mavjud resurslarga mos keladigan samarali yechimga aylantiradi.

#### 6. Energiya samaradorligi va issiqlik samaradorligi

Ilg‘or quyosh quritgichlari, shu jumladan issiqlik energiyasini saqlash tizimlariga ega bo‘lganlar yuqori issiqlik samaradorligini namoyish etib, gibrid tizimlarda 54% gacha samaradorlikka va quyosh kollektorlarida 81% gacha samaradorlikka erishadi [4], [12]. Ushbu tizimlar nafaqat quritish samaradorligini yaxshilaydi, balki quyosh nurlanishi past davrlarida ham uzluksiz ishlashga imkon beradi.

Kungaboqar donini quritish texnologiyalarining kamchiliklari

#### 1. Yuqori boshlang‘ich sarmoya

Quyosh quritgichlari uzoq muddatda xarajatlarni tejash imkonini bersa-da, ularni sotib olish va o‘rnatish uchun talab qilinadigan dastlabki sarmoya kichik fermerlar uchun jiddiy to‘sik bo‘lishi mumkin. Ayniqsa, gibrid tizimlar va issiqlik izoliatsiyalariga ega ilg‘or quyosh quritgichlarining yuqori narxi, moliyaviy resurslari cheklangan hududlarda ushbu texnologiyaning keng qo‘llanilishiga to‘sqinlik qilishi mumkin [3], [8].

#### 2. Ob-havo sharoitiga bog‘liqlik

Quyosh quritgichlari quyosh nurlanishi va atrof-muhit harorati kabi ob-havo sharoitlariga juda bog‘liq bo‘lib, ular quyosh nuri darajasi nomuvofiq yoki past bo‘lgan hududlarda ularning samaradorligini cheklashi mumkin. Ushbu bog‘liqlik

yordamchi isitish tizimlaridan foydalanishni talab qilishi mumkin, quritish jarayonining umumiy qiymati va murakkabligini oshiradi [6], [4].

### 3. Cheklangan tijoratlashtirish

Afzalliklariga qaramay, quyosh quritgichlari hali sanoat tarmoqlarida keng qo'llanilmagan va tijorat miqyosida ommalashmagan. Ularning cheklangan mavjudligi qabul qilinish darajasiga ham ta'sir ko'rsatib, ayniqsa, qishloq xo'jaligi amaliyotlari kamroq mexanizatsiyalashgan rivojlanayotgan hududlarda foydalanish imkoniyatlarini cheklaydi [10], [12].

### 4. Haddan tashqari quritish xavfi

Agar yuqori haroratlari quritgichlar va boshqa muayyan quritish texnologiyalari yetarlicha nazorat qilinmasa, haddan tashqari quritish yuz berishi mumkin. Bu esa urug'larning sifatini pasaytirib, unib chiqish darajasining kamayishiga va ularning ozuqaviy qiymatini yo'qotishiga olib kelishi mumkin [5], [7].

### 5. Murakkablik va texnik xizmat ko'rsatish

Issiqlik energiyasini saqlash yoki gibrid texnologiyalarni o'z ichiga olgan ilg'or quritish tizimlari ixtisoslashgan bilim va doimiy texnik xizmat ko'rsatishni talab qiladi. Bu murakkablik, ayniqsa, texnik ekspertiza va infratuzilma cheklangan hududlarda ushbu texnologiyalarni keng qabul qilishga to'sqinlik qilishi mumkin [4], [13].

### 6. Energiya chiqindilari va issiqlik yo'qotilishi

Quyosh quritgichlari ko'pincha katta miqdorda chiqindi issiqlik hosil qiladi, bu esa qayta ishlatilmasa, tizimning umumiy samaradorligini pasaytiradi. Issiqliknini qayta tiklash tizimlari va qurituvchi materiallar kabi innovatsion yechimlar ushbu muammoni bartaraf etish uchun taklif qilingan bo'lsa-da, ularni joriy etish quritish jarayonini murakkablashtirishi va qo'shimcha xarajatlarga olib kelishi mumkin [13].

### Asosiy quritish texnologiyalarining qiyosiy tahlili

Texnologiya	Afzalliklari	Kamchiliklari	Iqtibos
Quyosh quritgichlari	Yuqori samaradorlik, iqtisodiy jihatdan yuqori samarali, do'stona	Ob-havoga bog'liq, yuqori boshlang'ich sarmoya	(Shanmugam et al., 2011) (D. & T., 2023) (Jambhulkar, 2017)
Elektromagnit induksiyon	Tez quritish, urug'sifatini saqlab qoladi	Cheklangan quritish hajmi, tashqari xavfi	(Ortiz-Hernandez et al., 2024) (Skåra et al., 2022)

Termo-solar quritgichlar	Oddiy dizayn, arzon narxlardagi	Uzoq quritish vaqtiga past samaradorlik	(Ortiz-Hernandez et al., 2024) (Boateng, 2023)
--------------------------	---------------------------------	---	--

## Xulosa

Kungaboqar donini quritish texnologiyalari ko'plab afzalliklarni taqdim etadi, jumladan samaradorlikning yaxshilanishi, mahsulot sifati yaxshilanishi va atrof-muhit barqarorligi. Biroq, ularning foydalarini to'liq amalga oshirish uchun yuqori boshlang'ich sarmoyalalar, ob-havoga bog'liqlik va haddan tashqari quritish salohiyati kabi muammolarni hal qilish kerak. Quritish texnologiyasini tanlash ishlash miqyosi, resurslarning mavjudligi va mintaqaviy iqlim sharoitlari kabi omillarga bog'liq. Dunyo bo'y lab fermerlar uchun ushbu texnologiyalarning samaradorligi, arzonligi va mavjudligini oshirish uchun doimiy tadqiqotlar va ishlanmalar juda muhimdir.

### Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. D., S., & T., D. (2023). Experimental Analysis of Solar Dryer for Crops. *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering*. <https://doi.org/10.26562/ijirae.2023.v1007.15>
2. Jambulkar, A. C. (2017). Solar Drying Techniques And Performance Analysis: A Review. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*. <https://doi.org/10.9790/1684-17010023539>
3. Godse, R. S., & Purohit, P. (2023). Innovative Solar Air Dryer Designs for Agricultural Products-A Review. *Energy and Environment Focus*. <https://doi.org/10.1166/eef.2023.1297>
4. Rahman, M. A., Hasnain, S. M. M., Paramasivam, P., Zairov, R., & Ayanie, A. G. (2025). Solar Drying for Domestic and Industrial Applications: A Comprehensive Review of Innovations and Efficiency Enhancements. *Global Challenges*. <https://doi.org/10.1002/gch2.202400301>
5. Ortiz-Hernandez, A. A., Araiza-Esquivel, M. A., Delgadillo-Ruiz, L., Espinosa-Vega, L. I., Olvera-Olvera, C. A., Lopez-Martinez, A., Vega-Carrillo, H. R., & Ortega-Sigala, J. (2024). Comparison of dehydration systems in quality and chemical effects on sunflower seeds. *Dental Science Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62822-5>
6. Shekata, G. D., Tibba, G. S., & Baheta, A. T. (2023). Review of recent advancement in performance, and thermal energy storage studies on indirect solar dryers for agricultural products. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1294/1/012061>
7. Boateng, I. D. (2023). A review of solar and solar-assisted drying of fresh produce: state of the art, drying kinetics, and product qualities. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12660>
8. Influences of a Novel Cylindrical Solar Dryer on Farmer's Income and its Impact on Environment. (2022). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1477039/v1>

9. Panigrahi, S. S., Luthra, K., Singh, C. B., Atungulu, G., & Corscadden, K. (2023). On-farm grain drying system sustainability: Current energy and carbon footprint assessment with potential reform measures. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103430>
10. Pirasteh, G., Saidur, R., Rahman, S. M. A., & Rahim, N. A. (2018). A review on development of solar drying applications.
11. Shanmugam, S., Kumar, P., & Veerappan, Ar. (2011). Evaluation of thermal efficiency of oscillating-bed solar dryer through drying of sunflower seeds. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. <https://doi.org/10.1063/1.3618742>
12. Berville, C., Croitoru, C.-V., & Nastase, I. (2019). Recent Advances in Solar Drying Technologies- A Short Review. *International Conference on Energy & Environment*. <https://doi.org/10.1109/CIEM46456.2019.8937614>
13. Hashem, E. A., Misha, S., Rosli, M. A. M., Haminudin, N. F., Saat, F. A. Z. M., Munir, F. A., & Al-abidi, A. A. (2024). Review on the Air Temperature and Humidity Produce by Solar Dryer and Potential to be Reused. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*. <https://doi.org/10.37934/arfmts.125.1.5774>
14. Skåra, T., Løvdal, T., Skipnes, D., Mehlomakulu, N. N., Mapengo, C. R., Baah, R. O., & Emmambux, M. N. (2022). Drying of vegetable and root crops by solar, infrared, microwave, and radio frequency as energy efficient methods: A review. *Food Reviews International*. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2148688>

**UO'T 556.18:004.9**

## **MA'LUMOTLARNI AVTOMATLASHTIRISH ASOSIDA SUV RESUSRSLARINI MONITORING QILISH VA ULARNI BASHORAT QILISH**

**Ezozbek Ozodov PhD** - "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiya qilish muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti, Qori Niyoziy-39, Toshkent, O'zbekiston

**Otabek Ismailov** – Toshkent Axborot texnologiyalari universiteti, Amir Temur shox ko'chasi 108, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya.** Multi-o'lchovli SUV resurslarini o'lchash tizimini va ma'lumotlarni avtomatlashtirish (data automation) vositalari orqali SUV resurslarini bashorat qilish va mavjud SUV resurslaridan oqilona foydalanish imkoniyatini yaratish mumkin. Lager ortogonal diskret polinomlarini qo'llash orqali SUV resurslarini yuzaga kelishi mumkin bo'lgan miqdorini ko'p faktorlar orqali oldindan bashorat qilish imkonini beradi.

*Yuqoridagi maqola yopiq ko'l tizimlariga multi o'lchov tizimlarni qo'llashga qaratilgan. Maqolada Lager ortogonal diskret polinomlarini ma'lumotlarni avtomatlashtirish prinsoplarida qo'llash hamda ATmega 328e mikroprotssesor bazasida qo'llash kabi vazifalarni ko'rib chiqari.*

*Maqolada dastlabki texnologik va dasturiy yechimlar keltirilgan bo'lib multi o'lchov tizimlarini suv resysrslarini boshqarishda e'tibor qaratilishi kerak bo'lgan o'ziga xosh shartlari Aydar ko'l yopqi ko'l tizimi misolida ko'rsatib o'tilgan.*

**Аннотация.** Внедрение многомерной системы измерения водных ресурсов и автоматизации данных (*data automation*) позволяет прогнозировать возможные водные ресурсы на основе имеющихся текущих данных и разумно использовать существующие водные ресурсы. В приведенной выше статье основное внимание уделяется применению многомасштабных систем к системам замкнутых озер с применением ортогональных дискретных полиномов Лагерра.

*В статье представлена информация о комплексе мониторинга на базе платформы ATmega 328e и его архитектурных особенностях. В статье представлены предварительные технологические и программные решения, а также показаны конкретные условия, которые следует учитывать при использовании многомасштабных систем управления водными ресурсами на примере бессточной озерной системы озера Айдар.*

**Abstract.** *The implementation of multi-scale water resource measurement and data automation system enables the prediction of potential water resources based on the available current data and the rational use of existing water resources. The above article focuses on the application of multi-scale systems to closed lake systems using orthogonal discrete Laguerre polynomials.*

*The article provides information on the monitoring complex based on the ATmega 328e platform and its architectural features. The article presents preliminary technological and software solutions and shows specific conditions that should be taken into account when using multi-scale water management systems using the example of the endorheic lake system of Lake Aydar.*

## I. KIRISH

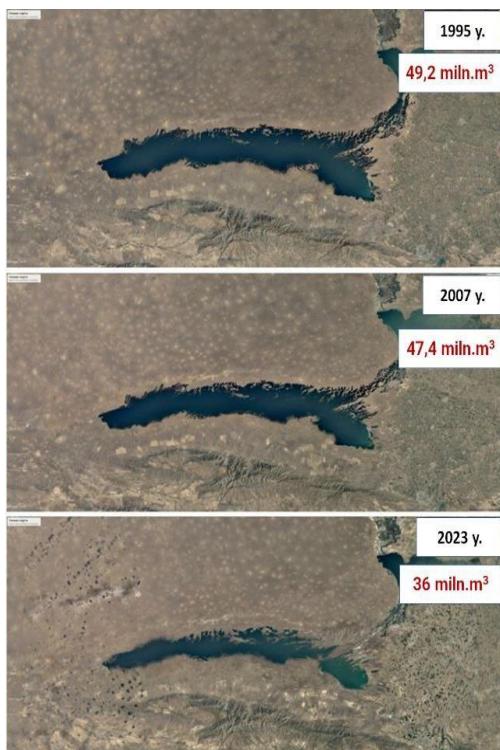
O'zbekiston Rspublikasining yalpi ichki maxsulotining (YIM) 28% qishloq xo'jaligi va unga tegishli bo'lgan faoliyat natijalari tashkil etadi, 2024 yilning hisobi bo'yicha mamlakatda qishloq xo'jaligi maxsulotlarining ishlab chiqarilish miqdori 366,7 trillion sum (yoki 33 mlrd AQSH dollari)ni tashkil etdi bu esa berilgan yo'nalishning strategik ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi [1].

Ijobiy o'sish dinamikasi kuzatilganiga qaramay vujudga kelayotgan suv tanqisliklari va demografik o'sinshning hisobiga suv tanqisligi mavudligini ko'rsatadi. 2024 yilning o'zida mamlakatda 8 mlrd m<sup>3</sup> miqdoridagi suv resurslarini tejab qolish rejalashtirilgan edi va bu asoson sug'orish tizimlarini modernizatsiya qilish hamda yangi suv tejovchi, raqamli texnologiyalarini qo'llash orqali amalga oshirilishi rejalashtirilgan.

Yuqoridagi amalga oshirilgan say harakatlarni inobatga olgan holda ham suv resurslari holati kriitik holdaligini ko'rsatadi, hozirda suv resurslaridan foydalanish suv tanqisligi bo'lмаган holdagiga qaraganda 69% ko'proq suv iste'mol qilmoqda va hosirda suv resurslarinig yuklanganlik darajasi 169% tashkil etmoqda [2].

Suv resurskarining yuqori yuklangan darajada foydalanishi mamlakatda mavjud bo'lgan suv resurslarini balansini ishdan chiqishiga va mavjud suv resurslarini ekstremal holda foydalanishiga olib keladi jumladan yopiq ko'l tizimlari ham shu yuklamalar surotida foydalanish mumkin bo'lgan miqdordan ham ko'proq suv resurlari ishlatalishiga olib keladi.

Yopiq ko'l tizimlarining yuqori yuklamada ekanligining yaqol namunalardan biri Aydar-Arnasoy ko'l tizimlari hisoblanadi uning tarkibida bo'lgan Aydar ko'l 1960 yilda antropogen ta'sirlar natijasida yuzaga kelgan hozirgi davrda 2000- 2024 yillar davomida ko'lning hajmi 6.8 mlrd m<sup>3</sup> miqdorida qisqargan bu esa 115 mln AQSH dollari miqdorida zararga olib kelgan. 2005 yilda ko'lning suv hajmi 44,3 km<sup>3</sup> tashkil etgan hozirda esa 2024 yil hisobi bo'yicha 34 km<sup>3</sup> miqdorida kamaygan bo'lib umimiy hajm 34% qisqargan (rasm-1).[3]



**Rasm- 1.** Aydarko'lining yillar xronologiyasida qisqarishi

Aydar ko'lning degradatsiyasi yuzaga kelishining asosiy faktorlari sifatida quyidagilarni ko'rishimiz mumkin:

- Suvning yuqori mineralizatsiya darajasi (8-12 g/l) bo'lib tuproqning

ikkalamnchi sho'rlanishiga olib keladi.

- Har yil davomida o'rtacha 4% (3,7-4 km<sup>3</sup>) suv manbalarining kamayishi evptranpiratsiyaning yuqoriligi
- Yopiq ko'l tizimiga suv manbalaridan tashlamalar bo'l'maganligi (oxirgi marotaba 2019 yilda suv tashlamasi Chordaryo suv omboridan amalga oshirilgan)
- Suv resurslarida extensive usulda foydalanilganligi ya'ni manbaning yuklanish darajasi mo'tadil bo'l'maganligi va har doim stress holatiga olib kelinganligi [4].

## **II. TADQIQOT MAQSADI VA VAZIFLARI**

Tadqiqotning maqsadi suv resurslaridan oqilona foydalanishda ko'p faktorlarni inobatga oluvchi bashorat qilish hamda ratsional suv resurslaridan foydalanishni inobatga oluvchi tizim yaratish. Ortaganal Lager diskret polinomlaridan foydalangan holda suv resurslarini bashorat qilish hamda unda ma'lumotlarni avtomatlashtirish prinsoplaridan foydalanish kabi imkniyatlarni tadqiq qilish.

Tadqiqot vazifalari quyodagilardan iborat:

1. Aydar ko'l yopiq ko'l tizimida suv kamayishiga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash hamda ularni aniqlash imkonini beruvchi kompleks texnologik yechimlarni ishlab chiqish.
2. Mavjud bo'lgan kriteriyalardan eng muhumlarini aniqlash va ularni ortogonal Lager diskret polinomlari asosida izohlash
3. Dasturiy vositlar aosisda matematik modelashtirish va dastlabki modelashtirishni amalga oshirish
4. Suv resurslarini nazorat qilishda qo'llanilishi mumkin bo'lgan avtonom nazorat qilish uskuanalrini ishlab chiqish va arxitekturasini ishlab chiqish

Berilgan maqsad va vazifalar bajarilishi natijasida suv resurslaridan ratsional foydalanish imkoniyatiga erishish mumkin bo'ladi. Asosiy maqsad turli parametrlarni aniqlash imkoniyatiga ega bo'lgan o'lchash vositalari kombinatsiyasi orqali to'g'ri xulosa chiqarish imkoniyatiga ega bo'lgan tizimni yratishtga qaratilgan.

## **III. TADQIQOT METODOLOGIYASI**

Tadqiqot ishining asosiy maqsadiga asoslangan holda quyidagi vazifalarni bajarish va ularni aks etirish asosiy vazifa hisoblanadi ya'ni suv resurslarini bashrot qilish hamda ularni monitoring qilish uchun multi o'lchov tizimlari uchun matematik model yaratish bunda Lager polinomida orthogonal dikretlashni qo'llash va ularni texnologik tuqtai nazardan ATmega 328e mikroprotsessorida mujasamlashtirishga qaratilgan.

- 1. Vaqt qatorlarini yaratish hamda ularnni adaptive modelga qo'llash**
  - Vaqt qatorlarini hosil qilish orqali hosil qilish orqali vaqt xronologiyasidagi tarixiy ma'lumotlar asosida xulosa xosil qilish va umimiy bo'lgan o'zgarish qonuniyatlarini belgilash
  - Adaptiv model hosil qilish orqali suv resurslarini stoxistik o'zgarishini inobtaga olish
  - Bashorat qilish tizimlarida silliqlashtirsh hamda filterlash metodlaridan foydalangan holda ma'lumotlarni aniqligini oshirishga erishish
  
- 2. Ma'lumotlarni haqqoniligi va verifikatsiyasini amalga oshirish**
  - Erishilgan natijalar asosida ananaviy nazorat qilish metodlari bilan qiyosiy solishtirishni amalga oshirish (Chiziqli regresiya, Avtoregressiv integratsiyalangan harakatlanuvchi o'rtacha modellar (ARIMA) hamda neyro tarmoqli bashorat qilish metodidan foydalanish)

#### **IV. TADQIQOT NATIJALARI**

Bashorat qilish va datchiklardan keluvchi ma'lumotlar to'g'ri talqini mavjud bo'lishi uchun u belgilangan matematik model qonuniyati asosida amalga oshirilishi zarur.

Aydarko'l kabi yopiq ko'l tizimlarida suv resurslarining o'zgarishini bashorat qilish uchun taklif etilayotgan model ortogonal diskret Lager polinomlariga asoslanadi, ular gidrologik ma'lumotlarning vaqt qatorlarini taxminiy hisoblash va suv resurslari dinamikasini stoxastik tahlil qilish uchun ishlataladi.

Model quyidagi taxminlarga asoslanadi:

- $Y(t)$  suv resurslarining o'zgarishi vaqt funksiyasi bo'lib, bug'lanish, suv kirishi, minerallashuv va antropogen ta'sir kabi ko'plab omillarga bog'liq.
- $Y(t)$  funksiyani ortogonal diskret Lager ko'phadlari qatoriga kengaytirish mumkin, bu esa chiziqli bo'limgan bog'liqliklar va stokastik o'zgarishlarni hisobga olishga imkon beradi.
- Tarixiy ma'lumotlarga asoslangan modelni moslashtiruvchi parametrik kalibrlash qo'llaniladi.

Model uchun quyidagi faktorlar inobatga olinadi

$W_r$ - mavjud bo'lgan suv resurslari ( $m^3$ )

$W_o$ - Ishlatilishi mumkin bo'lgan suv resurslari ( $m^3$ )

$pH(t)$ - suvning ishqor darajasi

$T(t)$ - suv harorati ( $^{\circ}C$ )

$E(t)$ - suvning bug'lanishi ( $m^3/yil$ )

$S(t)$  – suvdagi erigan tuzlar miqdori (TDS, ppm)

$A(t)$ - antropogen tas'sirlar

$C(t)$ -suv resurslaridan foydalanish bo'yicha tavsiyalar

$$W(t) = \sum_{n=0}^N a_n L_n(t) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

Bu yerda (1)

$W(t)$ - bashorat etilish davrida mavjud bo'lgan suv resurslari miqdori

$L_n(t)$  – n-darajadagi Lager orthogonal polinomi

$a_n$ - model koeffitsenti:

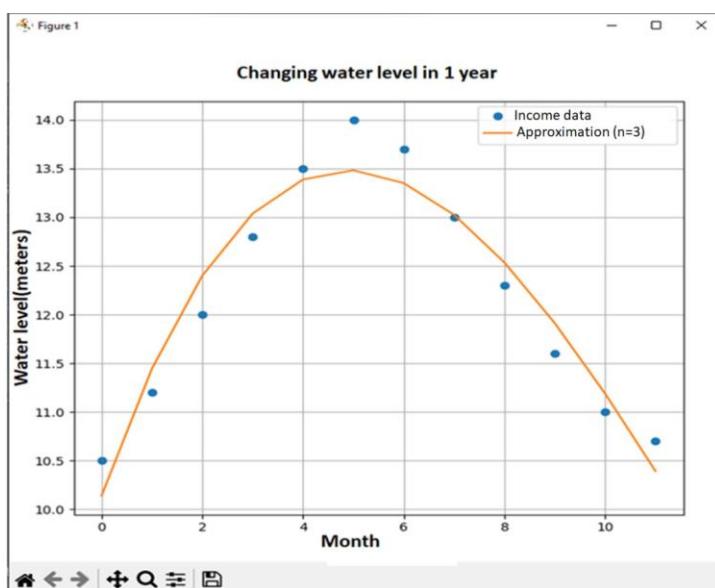
$\varepsilon(t)$ - bashorat qilish hatoliklari

Lager polinomining rekurrent hisobi quyidagicha amalga oshiriladi:

$$L_0(t)=1, L_1(t)=1-t$$

$$L_{n+1}(t) = \frac{(2n+1-t)L_n(t) - nL_{n-1}(t)}{n+1}, n \geq 1. \quad (2)$$

Python dasturlash muhitida numpy kutubhonasi asosisida Aydar ko'l uchun 2024 yilda suv resurslarini o'zgarishi grafigiga qo'llanganda quyidagi natijalarga erishildi (grafik-1).



**Grafik 1.** 2024 yilda Aydarko'l yopiq ko'l tizimida suv resurslarini o'zgarishi bashorati va real ko'rsatkichlarning farqi

Arduino mikroprotsessor tizimiga asoslangan suv resurslari monitoringi tizimining arxitekturasi

## 1. Umumiy tizim xususiyatlari

Taqdim etilgan diagrammada (3-rasm) ATmega328E mikroprotsessor boshqaruvchisida qurilgan suv resurslarini monitoring qilishning

avtomatlashtirilgan tizimining arxitekturasi ko'rsatilgan. Tizim suv sifatining muhim parametrlarini, shu jumladan loyqalik, pH va umumiyligi minerallashuvni (TDS) kuzatish va ma'lumotlarni GSM moduli orqali masofaviy tozalash markaziga uzatish uchun mo'ljallangan [3].

## 2. Tizim funksiyasining komponentlari

Tizim quyidagi asosiy apparat modullaridan iborat:

1. ATmega328E mikrokontrolleri - Sensor ma'lumotlarini yig'ish, qayta ishslash va sensor ma'lumotlarini uzatish funktsiyalarini bajaradi. Suv resurslarini tahlil qilish va sensor ma'lumotlarini birlashtirish jarayoni dasturlashtiriladigan mantiqiy kontroller (PLC) tomonidan boshqariladi.

2. Loyqalik sensori (Keyestudio V1.0) - suv omborining ifloslanishini baholashning muhim parametri bo'lgan suvdagi muallaq zarrachalar kontsentratsiyasini o'lchaydi.

3. pH sensori - Suv ekotizimlari va suv ta'minoti salomatligini baholash uchun zarur bo'lgan suvning kislotaliliginizi nazorat qiladi.

4. TDS sensori - Bu suvning minerallashuv darajasini va uning qishloq xo'jaligi yoki ichimlik uchun yaroqliliginini hisoblash uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan Jami erigan qattiq moddalarni ko'rsatadi.

5. GSM moduli D-900 - O'lchangan ma'lumotlar simsiz ravishda bulutli serverga yoki masofaviy monitoring tizimiga uzatilishi mumkin, bu suv sifati parametrlarining o'zgarishiga tezkor javob berish imkonini beradi.

3. Tizim quyidagi ketma-ketlik asosida ma'lumotlarni qabul qiladi.

Tizim quyidagicha ishlaydi:

- Loyqalik, pH va TDS datchiklari suv sifati parametrlarini onlayn tarzda o'lchaydi.
- Qabul qilingan ma'lumotlar ATmega328E kontollerining o'rnatilgan kalibrlash va o'lchashni to'g'rilash algoritmlari yordamida qayta ishlanadi.
- Ma'lumot GSM modulidan markaziy serverga yoki operatorning mobil telefoniga uzatiladi.
- Axborot va suv sifati yordamida bashorat qiluvchi modellar tuziladi va tuzatish choralari zarurmi yoki yo'qmi, qarorlar qabul qilinadi [5].

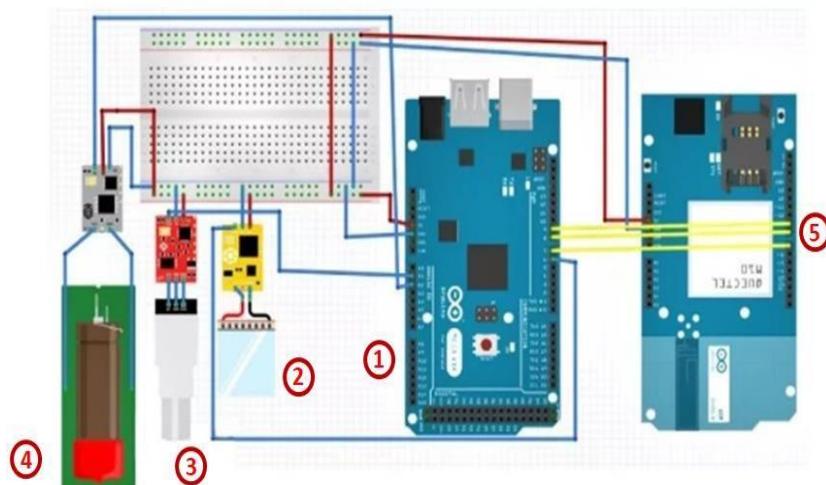
## 4. Tizimdan foydalanish

Amalga oshirilgan tizimdan quyidagi maqsadlarda foydalanish mumkin:

- Yopiq ko'llar tizimidagi suv resurslarining monitoringi (masalan, Aydarko'l).

- Qishloq xo'jaligi va ichimlik suvi ta'minoti uchun mos suv.
- Atrof-muhitga salbiy ta'sir ko'rsatishning oldini oladigan suv sifati parametrlarining sezilarli o'zgarishlari haqida ogohlantirishlar.
- Ortogonal diskret Lager polinomlariga asoslangan matematik modelga asoslangan bashorat qilish tizimlari bilan moslik.

Shu sababli, yangi mikroprotsessorli suv resurslari monitoringi tizimi suv sifatini avtomatik nazorat qilishni ta'minlaydigan va suv resurslarini barqaror boshqarish imkonini beruvchi umumiy, mustaqil va samarali qurilmadir



## Rasm-2 . Arduino mikroprotsessor tizimiga asoslangan suv monitoringi arxitekturasi.

1-ATmega 328 E mikroprotsessorli programlanadigan mantiqiy boshqaruvchi (PLC) ATmega 328e2-Keyestudio V1.0 loyqalik sensori 3-pH sensori 4-TDS sensori 5-GSM D-900 moduli

Ma'lumotlar taklif qilingan arxitektura asosida boshqaruv vositalari yordamida tahlil qilinishi mumkin. Bunday holda, namlik perimetri va suv bilan to'yinganlik koeffitsientlari nisbati shakllanishi tufayli resurs hosil bo'lish hajmini bashorat qilish imkoniyati ortadi.

Dastlabki natijalar eksperimental model asosida to'plangan. Eksperimental modelda CDMA protokolidagi GSM moduli asosida axborot olindi va tahlil qilindi (4-



rasm).

a)

b)

**rasm- 4.** Ko'p o'lchovli tizimni boshqarishning prototipi.

a) kuzatuv uskunasining arxitekturasi b) ekranlangan uzatuvchining dizayni

## V.Xulosa

Bashoratlash uchun ko'p mezonli ma'lumotlarni tahlil qilish tizimi quyidagi afzalliklarga ega: tizim eng qisqa vaqt ichida ma'lumotlarni tahlil qilish va natijani turli parametrlar asosida bir vaqtning o'zida tahlil qilish imkonini beradi; ushbu faoliyat tashqi haroratni, resurslarni to'ldirish omillarini, agressiv muhitni, suv iste'molini va resurslarning umumiyligini ta'sir qilishi mumkin bo'lgan barcha turdag'i usullarni hisobga oladi va parametrlardan birining har bir o'zgarishi bilan suv resurslarini iste'mol qilishning umumiyligi qoidalari yaratiladi; ma'lumotlar ma'lumotlar mezonlarining ahamiyatiga ko'ra tartiblanadi; bu tizimni ogohlantirish yoki suv resurslarini o'zgartirish uchun tushuntirish bo'lib xizmat qilishi mumkin; suvni bashorat qilish

1. Bashoratlashdan foydalangan holda tizim ma'lumotlarga nisbatan yuqori operatsion javobga ega, bu ma'lumotlarni uzatish jarayonini optimallashtiradi va ma'lumotlar yanada adekvat bo'ladi.

2. Ko'p toifali ma'lumotlarni tahlil qilish birlamchi natijaga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan o'zgaruvchilarni o'z ichiga olish imkonini beradi; bu kontekstda suv resurslarini baholash demakdir.

3. Ushbu tizimning kamchiligining asosi - o'lchash muhiti; talabga imkon qadar yaqin bo'lishi kerak; Tizimning ranglanishini o'zgartirish yoki buzish jarayonida 5% dan ortiq xatolar bo'lishi mumkin, bu esa monitoring tizimining etarligiga salbiy ta'sir qiladi.

## FOYDALANILGAN ADABIOTLAR RO'YXATI

1. **FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).** (2024). *Global Water Resources Report: Trends and Challenges in Agriculture.* Retrieved from [www.fao.org](http://www.fao.org)
2. **World Bank.** (2024). *Water Resource Management in Central Asia: Sustainable Strategies for the Future.* Washington, DC: World Bank Publications.
3. **E.Ozodov , N.Ozodova** Assessment of the condition of water resources through intelligent data analysis// INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON MODERN PROBLEMS OF APPLIED SCIENCE AND ENGINEERING: MPASE2024
4. **Uzbekistan Statistics Agency.** (2024). *Annual Agricultural Production and Water Usage Report.* Tashkent: State Statistics Committee.
5. **Laguerre, E.** (1880). *On the Theory of Orthogonal Polynomials and Their Applications in Hydrology.* Paris: Journal of Mathematical Analysis.

**УДК: 631.3:620.92:004.738.5**

## MEXANIZATSIYALASH DARAJASINI OSHIRISHDA YASHIL IQTISODIYOT TAMOYILLARINI HTML ORQALI BAHOLASH

**Oxunboboyeva Charos Zuxriddin qizi** – texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, (PhD), "Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va boshqarish" kafedrasi katta o'qituvchisi, "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti, email: charosoxunboboyeva@gmail.com

**Annotatsiya.** Jahan miqyosida iqlim o'zgarishi va ekologik muammolar kuchayib borayotgan bir paytda, iqtisodiyotni "yashillashtirish" zaruriyati ortib bormoqda. Mexanizatsiyalash, agar u "yashil" tamoyillarga mos ravishda amalga oshirilsa, resurslardan oqilona foydalanish, chiqindilarni kamaytirish va energiya samaradorligini oshirish orqali barqaror rivojlanishga hissa qo'shishi mumkin. Zamонавиъ axborot texnologiyalari, jumladan, HTML dasturlash, yashil iqtisodiyot tamoyillarini baholash va monitoring qilish uchun yangi imkoniyatlar yaratmoqda. O'zbekistonda ham iqtisodiyotni modernizatsiya qilish va "yashil" rivojlanishga o'tish jarayoni faol olib borilmoqda, shuning uchun bu mavzu ayniqsa dolzarbdir. Ushbu maqola mexanizatsiyalash darajasini oshirishda yashil iqtisodiyot tamoyillarining rolini baholash, HTML yordamida yashil iqtisodiyot tamoyillarini baholash metodikasini ishlab chiqish va amaliyatga tatbiq etish, O'zbekiston misolida mexanizatsiyalashning yashil iqtisodiyotga ta'sirini baholash va takliflar ishlab chiqish maqsadida yozildi.

**Аннотация.** На фоне усиливающегося изменения климата и глобальных экологических проблем растет необходимость "озеленения" экономики. Механизация, при условии ее соответствия "зеленым" принципам, может внести значительный вклад в устойчивое развитие за-

счет эффективного использования ресурсов, сокращения отходов и повышения энергоэффективности. Современные информационные технологии, включая программирование на HTML, открывают новые возможности для оценки и мониторинга принципов зеленой экономики. В Узбекистане активно идет процесс модернизации экономики и перехода к "зеленому" развитию, что делает эту тему особенно актуальной. Целью данной статьи является оценка роли принципов зеленой экономики в развитии механизации, разработка и внедрение методики оценки этих принципов с помощью программирования на HTML, анализ влияния механизации на зеленую экономику Узбекистана и разработка практических рекомендаций.

**Abstract.** Against the backdrop of escalating climate change and global environmental challenges, the imperative to "green" economies is intensifying. Mechanization, when aligned with "green" principles, can significantly contribute to sustainable development by fostering efficient resource utilization, waste reduction, and enhanced energy efficiency. Modern information technologies, including HTML programming, are opening new avenues for evaluating and monitoring green economy principles. In Uzbekistan, the process of economic modernization and transition to "green" development is actively underway, making this topic particularly relevant. This article aims to assess the role of green economy principles in advancing mechanization, develop and implement a methodology for evaluating these principles using HTML programming, and analyze the impact of mechanization on Uzbekistan's green economy, culminating in the formulation of actionable recommendations.

**Kalit so'zlar.** Yashil iqtisodiyot, Mexanizatsiyalash, HTML dasturlash, Baholash metodikasi, Barqaror rivojlanish, Energiya samaradorligi, Chiqindilarni kamaytirish, Resurslardan oqilona foydalanish, Yashil texnologiyalar.

**Ключевые слова:** Зеленая экономика, Механизация, Программирование на HTML, Методика оценки, Устойчивое развитие, Энергоэффективность, Сокращение отходов, Рациональное использование ресурсов, Зеленые технологии.

**Keywords:** Green Economy, Mechanization, HTML Programming, Evaluation Methodology, Sustainable Development, Energy Efficiency, Waste Reduction, Rational Use of Resources, Green Technologies.

**Kirish.** O'zbekistonning 2030 yilgacha bo'lgan ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish strategiyasini ta'minlashda barqaror rivojlanishga erishish vositalari hisoblangan iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik komponentlarni o'zaro muvofiqlashtirish murakkab vazifa hisoblanadi. Iqtisodiy va ijtimoiy komponentlar jamiyat oldiga bir avlod mobaynida adolatga erishish va aholining kambag' al guruhlariga maqsadli yordam ko'rsatish kabi yangi vazifalarni qo'yemoqda. Iqtisodiy va ekologik komponentlarning atrof-muhitga tashqi ta'siri qiymatini baholashning zarurligi bilan bog'liq yangi g'oyalar va yondoshuvlarning shakllanishiga olib keldi. Barqaror iqtisodiy rivojlanishning ijtimoiy va ekologik komponentlari esa avlodlar ichida va avlodlar o'rtaida tenglikni ta'minlash kabi masalalarning dolzarbligini yanada oshirmoqda. Mamlakatimizda "yashil iqtisodiyot" asosida barqaror rivojlanishni ta'minlashda O'zbekiston Respublikasi Prezidenti tomonidan 2019 yil 4 oktyabrda tasdiqlangan "2019–2030 yillarda O'zbekiston Respublikasini "yashil" iqtisodiyotga o'tish

strategiyasi” muhim dasturiy amal hisoblanadi. “Yashil iqtisodiyot”ga o‘tishning muhim vazifalari qatoriga iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish va tabiiy resurslarni oqilona iste’mol qilish kiradi. Ushbu belgilangan maqsadli indikatorlarga texnologiyalarni modernizasiya qilish va moliyaviy mexanizmlarni rivojlantirish orqali erishiladi. 2030 ylgacha bo‘lgan davrda strategiyani amalga oshirish jarayonida yalpi ichki mahsulot birligiga issiqxona gazlarining solishtirma chiqindilari 2010 yil darajasidan o‘n foizga kamayadi, aholi va iqtisodiyot tarmoqlarining yuz foizga qadar zamonaviy, arzon va ishchonchli elektr ta’minotidan foydalanish ta’minlanadi. Ekologik jihatdan yaxshilangan motorli yoqilg‘i va avtomobil ishlab chiqarish hamda ulardan foydalanish kengaytiriladi, elektr transporti rivojlanadi.

**Tadqiqot maqsadi.** “Yashil iqtisodiyot”ga o‘tishning dolzarbli va zarurligi quyidagi omillar bilan belgilanadi:

- atrof-muhitning ifloslanishi va tabiiy resurslar tugashining salbiy oqibatlarini kamaytirish maqsadida iqtisodiyotda texnologik modernizasiyalashni amalga oshirishni zarurligi;
- uglevodorod xom-ashyosi va uning pirovard mahsulot qiymatidagi ulushiga bog‘liqligini qisqartirish asosida iqtisodiyot raqobatbardoshligini oshirish;
- katta multiplikativ samaraga ega bo‘lgan yuqori texnologiyali tarmoqlarni yangilash imkonini beruvchi yashil innovasiyalarni qo‘llash;
- past uglerodli iqtisodiyotga o‘tish jarayonida uglevodorodga bog‘liqlikni qisqartirish.

Yuqorida qayd etilganidek, jahonda “yashil iqtisodiyot”ni rivojlantirish tashabbusi 2008 yilda UNEP tomonidan ilgari surilgan bo‘lib, quyidagi umumiy tamoyillarga asoslanadi:

- ekologiya bilan bog‘liq muammolarni milliy va xalqaro darajada baholash va birinchi kun tartibiga aylantirish;
- “yashil” ishchi o‘rinlarni yaratish hisobidan aholi bandligini ta’minlash va tegishli chora-tadbirlarni ishlab chiqish;
- barqaror rivojlanishga erishish uchun bozor mexanizmidan foydalanish.

“Yashil iqtisodiyot” konsepsiysi quyidagi aksiomalarga tayanadi:

- a) cheklangan muhitda ta’sir doirasini cheksiz kengaytirishning mumkin emasligi;
- b) resurslar cheklanganligi sharoitida o‘sib borayotgan ehtiyojlarni qondirish imkoniyatining mavjud emasligi;
- v) er sharida barcha narsalarning o‘zaro bog‘liq ekanligi.

UNEP mutaxassislari “yashil iqtisodiyot” tarmoqlarini ikki guruhga ajratishadi:

- a) xom-ashyo qazib chiqarish, qishloq xo‘jaligi, baliqchilik, o‘rmon va suv resurslarini boshqarish, ya’ni “tabiiy kapital” bilan bog‘liq tarmoqlar;
- b) energetika, qayta ishlash sanoati, mashinasozlik, transport va qurilish, ya’ni “energiya va resurs samaradorligini oshirish” bilan bog‘liq tarmoqlar.

**Tadqiqot metodologiyasi.** “Yashil iqtisodiyot” konsepsiyasini amaliyatga tadbiq etish o‘z navbatida samarali qarorlar qabul qilish va zarur chora-tadbirlarni

amalga oshirishga ko‘maklashuvchi, “yashil iqtisodiyot”ni baholashning ishonchli ko‘rsatkichlar tizimini ishlab chiqishni taqozo etadi. Xalqaro amaliyotda “yashil iqtisodiyot”ni baholash tizimini shakllantirishga oid turlicha yondashuvlar mavjud. Ulardan biri iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik komponentlar qiymatini kompleks, ya’ni pulda baholashdir. Misol uchun, jismoniy, tabiiy va inson kapitalining yig‘indisi sifatida baholanadigan milliy boylik hajmi shu tariqa hisoblanadi. Jahon banki mutaxassislarining hisob-kitoblariga ko‘ra, 1995-2014 yillarda jahon milliy boyligining hajmi deyarli ikki martaga ortgani holda uning tarkibida tabiiy kapital bor-yo‘g‘i 9,0%ni (shundan o‘rmonlar va himoya qilinadigan hududlar 2,0%ni, haydaladigan erlar va energiya resurslari (qazib chiqariladigan yoqilg‘i) 3,0%ni) tashkil etmoqda va uning jami milliy boylik tarkibidagi ulushi deyarli o‘zgarmagan (1- jadval).

### **1- jadval. Jahon milliy boyligining tarkibi.**

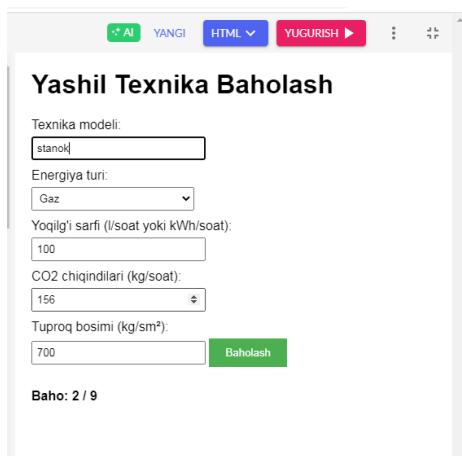
<b>Kapital turlari</b>	<b>1995 y. (trln. doll.)</b>	<b>1995 y.</b>	<b>1995 y. (trln. doll.)</b>	<b>1995 y.</b>
Jismoniy (asosiy) kapital	164,8	24	303,6	27
Tabiiy kapital	52,5	8	107,4	9
Shu jumladan:				
O‘rmonlar va himoya qilinadigan hududlar	14,5	2	107,4	2
Haydaladigan erlar	25,9	4	39,9	3
Energiya resurslari (qazib chiqariladigan yoqilg‘i)	11,1	2	39,1	3
Metallar va qazilma boyliklar	1	<1	10,1	1
Inson kapitali	475,6	69	736,8	64
Sof xorijiy aktivlar	-2,9	<1	-4,6	<1
Jami milliy boylik	689,9	100	1143,3	100

Ma’lumki, iqtisodiy o‘sish tabiiy resurslarga bo‘lgan yukning ortishi bilan bog‘liq. Tahlillar ko‘rsatishicha, Lotin Amerikasi, G‘arbiy va Sharqiy Evropa, Rossiya, Osiyo-Tinch okeani mintaqasida har bir foizi yo‘qotilgan tabiiy kapital hisobiga 2-3% ortiq iqtisodiy o‘sishga erishilmoqda. Afrikada esa tabiiy kapitalni

yo‘qotish darajasi iqtisodiy o‘sish darajasi bilan deyarli bir xil. Ushbu holat Afrikada tabiiy resurslardan intensiv foydalanilayotganligi va tabiiy resurslar inson kapitalining jamg‘arilishiga yo‘naltirilmayotganligini anglatadi.

**Tadqiqot natijalari.** HTML, CSS va JavaScript yordamida interaktiv veb-platforma yaratildi. Bu platforma foydalanuvchilarga mexanizasiyalash darajasi va yashil iqtisodiyot ko‘rsatkichlarini kiritish, tahlil qilish va vizuallashtirish imkonini beradi. Platformada energiya sarfi, chiqindilar miqdori, resurslardan foydalanish samaradorligi kabi ko‘rsatkichlarni baholash uchun maxsus modullar yaratildi. HTML5 canvas va chart.js kabi kutubxonalardan foydalanib, natijalar grafik va diagrammalar shaklida taqdim etildi. Bu esa ma’lumotlarni oson tushunish va tahlil qilish imkonini beradi. Xaritalar va geoinformasion tizimlar bilan integrasiya qilinib, hududiy tahlil o‘tkazish imkoniyati yaratildi.

Platforma foydalanuvchiga qulay interfeysga ega bo‘lib, ma’lumotlarni kiritish va tahlil qilish jarayonini soddalashtiradi. Ma’lumotlarni eksport qilish va hisobotlar yaratish imkoniyati mavjud (1-rasm).



### 1-rasm. Veb-sahifaning ko‘rinishi

Mexanizasiyalashning yashil iqtisodiyotga ta’sirini baholash natijalari:

**Energiya samaradorligi:** Mexanizasiyalash darajasining oshishi energiya sarfini kamaytirishga va energiya samaradorligini oshirishga olib kelishi aniqlandi. Yashil texnologiyalardan foydalanish energiya sarfini yanada kamaytirish imkonini beradi.

**Chiqindilar kamayishi:** Mexanizasiyalash jarayonlarida zamонавиј texnologiyalarni qo‘llash chiqindilar miqdorini kamaytirishga yordam beradi. Qayta ishslash va utilizasiya tizimlarini takomillashtirish chiqindilarning atrof-muhitga ta’sirini kamaytiradi.

**Resurslardan oqilona foydalanish:** Mexanizasiyalash resurslardan oqilona foydalanish imkonini beradi. Suv, er va boshqa tabiiy resurslardan samarali foydalanish uchun maxsus texnologiyalar ishlab chiqildi.

**Iqtisodiy samaradorlik:** Yashil iqtisodiyot tamoyillariga mos keluvchi mexanizasiyalash iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Yangi ish o‘rnlari yaratiladi va investisiyalar jalb qilinadi.

HTML da mexanizatsiyalash darajasini oshirishda yashil iqtisodiyot tamoyillarini baholovchi oddiy dastur yaratildi. Bu dastur foydalanuvchiga texnika haqida ma'lumot kiritish va asosiy ko'rsatkichlar bo'yicha baholash imkonini beradi.

### HTML Dastur Kodi:

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="uz">
<head>
<meta charset="UTF-8">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
<title>Yashil Texnika Baholash</title>
<style>
body {
    font-family: sans-serif;
    margin: 20px;
}
label {
    display: block;
    margin-bottom: 5px;
}
input, select {
    width: 200px;
    padding: 5px;
    margin-bottom: 10px;
}
button {
    padding: 10px 20px;
    background-color: #4CAF50;
    color: white;
    border: none;
    cursor: pointer;
}
#natija {
    margin-top: 20px;
    font-weight: bold;
}
</style>
</head>
<body>
<h1>Yashil Texnika Baholash</h1>
<form id="baholashForm">
<label for="model">Texnika modeli:</label>
<input type="text" id="model" name="model" required>

<label for="energiyaTuri">Energiya turi:</label>
<select id="energiyaTuri" name="energiyaTuri">
<option value="dizel">Dizel</option>
<option value="elektr">Elektr</option>
<option value="gaz">Gaz</option>
<option value="quyosh">Quyosh</option>
</select>

<label for="yoqligiSarfi">Yoqlig'i sarfi (l/soat yoki kWh/soat):</label>
<input type="number" id="yoqligiSarfi" name="yoqligiSarfi" required>

<label for="chiqindi">CO2 chiqindilari (kg/soat):</label>
<input type="number" id="chiqindi" name="chiqindi" required>

<label for="tuproqBosimi">Tuproq bosimi (kg/sm2):</label>
<input type="number" id="tuproqBosimi" name="tuproqBosimi" required>

<button type="button" onclick="baholash()">Baholash</button>
```

</form>

<div id="natija"></div>

<script>

```
function baholash() {
    const energiyaTuri = document.getElementById("energiyaTuri").value;
    const yoqilgiSarfi = parseFloat(document.getElementById("yoqilgiSarfi").value);
    const chiqindi = parseFloat(document.getElementById("chiqindi").value);
    const tuproqBosimi = parseFloat(document.getElementById("tuproqBosimi").value);

    let baho = 0;

    // Oddiy baholash algoritmi
    if (energiyaTuri === "elektr" || energiyaTuri === "quyosh") {
        baho += 3;
    } else if (energiyaTuri === "gaz") {
        baho += 2;
    } else {
        baho += 1;
    }

    if (yoqilgiSarfi < 10) {
        baho += 2;
    } else if (yoqilgiSarfi < 20) {
        baho += 1;
    }

    if (chiqindi < 5) {
        baho += 2;
    } else if (chiqindi < 10) {
        baho += 1;
    }

    if (tuproqBosimi < 1) {
        baho += 2;
    } else if (tuproqBosimi < 2) {
        baho += 1;
    }

    document.getElementById("natija").innerHTML = "Baho: " + baho + " / 9";
}
```

</script>

</body>

</html>

### Dastur Tavsifi:

- HTML Formasi: Foydalanuvchidan texnika haqida ma'lumot kiritish uchun forma yaratilgan.
- Energiya Turi: Tanlash uchun ro'yxat (select) orqali energiya turini tanlash mumkin.
- Yoqilg'i Sarfi, Chiqindi, Tuproq Bosimi: Raqamli kiritish maydonlari (input type="number") orqali ko'rsatkichlar kiritiladi.
- Baholash Tugmasi: "Baholash" tugmasi bosilganda baholash() funksiyasi ishga tushadi.
- Baholash Funksiyasi: Oddiy baholash algoritmi asosida ko'rsatkichlar baholanadi va natija ekranda ko'rsatiladi.

- Oddiy Baholash Algoritmi: Har bir ko'rsatkich bo'yicha shartlar tekshiriladi va baho qo'shiladi.
- Natija: Baholash natijasi "Baho: X / 9" formatida ekranda ko'rsatiladi.

Veb-sahifaning ishlashi:

1. Foydalanuvchi forma maydonlariga tegishli ma'lumotlarni kiritadi.
2. "Baholash" tugmasini bosadi.
3. baholash() JavaScript funksiyasi ishga tushadi.
4. Funksiya kiritilgan ma'lumotlarni oladi va oddiy baholash algoritmi asosida bahoni hisoblaydi.
5. Hisoblangan baho "Natija:" sarlavhasi ostida ko'rsatiladi.

Veb-sahifaning maqsadi:

Ushbu veb-sahifa foydalanuvchilarga qishloq xo'jaligi texnikalarining yashil iqtisodiyot tamoyillariga muvofiqligini oddiy baholash imkonini beradi.

Veb-sahifani ochish:

1. Kodni index.html fayliga saqlang.
2. Faylni veb-brauzerda oching (masalan, Chrome, Firefox, Safari).

**Xulosa.** Ushbu tadqiqotda mexanizasiyalash darajasini oshirishda yashil iqtisodiyot tamoyillarining roli, HTML dasturi yordamida baholash metodikasi va O'zbekiston misolida mexanizasiyalashning yashil iqtisodiyotga ta'siri o'rnanildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, mexanizasiyalash, agar u yashil tamoyillarga mos ravishda amalga oshirilsa, barqaror rivojlanishga sezilarli hissa qo'shishi mumkin.

HTML dasturi yordamida yaratilgan interaktiv platforma yashil iqtisodiyot ko'rsatkichlarini baholash va tahlil qilish uchun samarali vosita ekanligini isbotladi. Ushbu platforma energiya sarfi, chiqindilar miqdori va resurslardan foydalanish samaradorligi kabi ko'rsatkichlarni baholash va vizuallashtirish imkonini beradi.

Mexanizasiyalashning yashil iqtisodiyotga ta'sirini baholash natijalari shuni ko'rsatdiki, mexanizasiyalash darajasining oshishi energiya samaradorligini oshirish, chiqindilar miqdorini kamaytirish va resurslardan oqilona foydalanish imkonini beradi. Biroq, buning uchun yashil texnologiyalardan foydalanish va qayta ishslash tizimlarini takomillashtirish zarur.

O'zbekiston misolida, qishloq xo'jaligi, sanoat va transport sohalarida mexanizasiyalash darajasini oshirish yashil iqtisodiyotga o'tish uchun katta imkoniyatlar yaratadi. Buning uchun suv tejovchi texnologiyalar, organik o'g'itlardan foydalanish, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini qo'llash va qayta ishslash tizimlarini takomillashtirish zarur.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi amaliy tavsiyalar berildi:

- Yashil iqtisodiyotni rivojlantirish uchun qonunchilik bazasini takomillashtirish;
- Yashil texnologiyalarni joriy etish uchun investisiyalarni jalb qilish;

- Yashil iqtisodiyot sohasida kadrlar tayyorlash va aholining ekologik ongini oshirish;
- Yashil iqtisodiyot sohasida xalqaro hamkorlikni rivojlantirish.

Ushbu tadqiqot natijalari O‘zbekistonda yashil iqtisodiyotni rivojlantirish va barqaror rivojlanishga erishish uchun muhim ahamiyatga ega. Kelgusida bu mavzuda yanada chuqur tadqiqotlar olib borish va amaliy tavsiyalarni joriy etish zarur.

### **Adabiyotlar ro‘yxati**

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 4 октябрдаги “2019 – 2030 йиллар даврида Ўзбекистон Республикасининг “яшил” иқтисодиётга ўтиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПҚ-4477-сон Қарори.

2. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication // UNEP’s Green Economy Initiative. Website. 2011. 2 December. URL: [http://www.unep.org/greenconomy/Portals/88/documents/ger/ger\\_final\\_dec\\_2011/Green%20EconomyReport\\_Final\\_Dec2011.pdf](http://www.unep.org/greenconomy/Portals/88/documents/ger/ger_final_dec_2011/Green%20EconomyReport_Final_Dec2011.pdf) P.

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023 yil 28 sentyabrda qilingan “Energetika sohasini isloh qilishning navbatdagi bosqichini amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-166-sonli farmoni.

4. Oxunboboeva Ch.Z., Kabildjanov A.S., Ismailov S.Yo. Robastnaya identifikasiya orositelnix sistem v selskom xozyaystve// Jurnal «Problemi informatiki i energetiki», Tashkent, №3, 2022. - C. 11-15.

5. Kabildjanov A.S. Boshqarish tizimlarini kompyuter modellashtirish. O’quv qo’llanma. Toshkent-2024.

6. Oxunboboyeva Charos Zuxriddin qizi, Yerzakova Roza Kidirbayevna, To‘xtaboyeva Gulbahor Azimboy qizi, Odilxonova Gulyuzxon Ixtiyorxon qizi. “Xotin-qizlar ongida milliy o‘zlikni anglash tuyg‘usini ma’naviy merosga vorislik asosida shakllantirish yo‘llari”, “Ilm-fan hamda ma’naviy-ma’rifiy sohani yuksaltirishda xotin-qizlarning o‘rnini: muammo vayechimlar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. Toshkent-2025. Pp. 571-574. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14986812>

7. Ch.Oxunboboyeva. Energetika sohasida innovatsion faoliyatni rivojlantirishda xotinqizlarning o‘rni. “Ozbekiston rivojlanish taraqqiyotida xotinqizlarning orni” birinchi respublika ilmiy konferensiya, 2024 y.

8. Russell E. McMahon, Otabek M. Ismailov, Charos Z. Okhunboboyeva. The place and role of creative education in the context of digital education// Creative education: innovation and effectiveness, Tashkent, 2024. - C. 63-66.

9. Russell E. McMahon, Otabek M. Ismailov, Charos Z. Okhunboboyeva. Кишлоқ хўжалигини механизациялаш мұхандисларини билимин ривожлантиришда инструментал усулларни қўллаш// Creative education: innovation and effectiveness, Tashkent, 2024. - C. 214-217.

## **MOBIL ENERGIYA TA'MINOTINING TEHNİK-IQTISODIY KO'RSATKICHLARI (Quyosh-shamol mobil elektr stansiyasi misolida)**

**Nuraliyeva Nodira Abdulkamilovna** - "TIQXMMI" MTU "Elektrotexnologiya va elektr uskunalar ekspluatatsiya kafedrasi dotsenti, [n.nodira333@gmail.com](mailto:n.nodira333@gmail.com)

**Annotatsiya.** Maqolada Quyosh-shamol mobil elektr stansiyasi misolida mobil energiya ta'minotining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari keltirilgan bo'lib, quyosh-shamol mobil elektr stansiyasining yillik elektr energiyasini ishlab chiqarish qiymati 6,3 mln. ni tashkil etishi, biroq qo'shimcha ijtimoiy-iqtisodiy sharoitlar yaratilganligini hisobga olgan holda, kafolatlangan elektr ta'minoti mavjud bo'lмаган узоқ будудлар учун quyosh-shamol mobil elektr stantsiyasining qaytarilishi 6-7 yilni tashkil etishi aniqlangan. "Quyosh-shamol" mobil elektr stantsiyasi kunduzi soatiga o'rtacha 5,4 kVt·s, kechasi esa 1.2 kVt·s elektr energiyasi ishlab chiqaradi. Bir sutkada u bahor-yoz mavsumida o'rtacha 32 kVt·s elektr energiyasi ishlab chiqarish imkoniyatiga ega. Sug'orish mavsumida (mart-oktyabr oylari) 9000 kVt·s ziyod elektr energiyasi ishlab chiqaradi.

**Kalit so'zlar.** Quyosh paneli, shamol generatori, muqobil energiya manbayi, elektr energiyasi, harorat koeffitsienti.

**Аннотация.** В статье представлены технико-экономические показатели мобильного энергоснабжения на примере солнечно-ветровой мобильной электростанции, годовая себестоимость производства электроэнергии солнечно-ветровой мобильной электростанцией составляет 6,3 млн. долларов США., но с учетом создания дополнительных социально-экономических условий определено, что срок окупаемости солнечно-ветровой мобильной электростанции для отдаленных районов или там, где нет гарантированного электроснабжения, составляет 6-7 лет. Передвижная электростанция «Куёш-Шамол» вырабатывает в среднем 5,4 кВт·с в час днем и 1,2 кВт·с ночью. Имеет возможность производить в среднем 32 кВт·ч электроэнергии в сутки в весенне-летний сезон. За поливной сезон (март-октябрь) он производит более 9000 кВтч электроэнергии.

**Ключевые слова.** Солнечная панель, ветрогенератор, альтернативный источник энергии, электричество, температурный коэффициент.

**Abstract.** The article presents the technical and economic indicators of mobile power supply using the example of a solar-wind mobile power station. The annual cost of electricity production by the solar-wind mobile power station amounts to 6.3 million USD. However, considering the creation of additional socio-economic conditions, it has been determined that the payback period for the solar-wind mobile power station in remote areas or locations without guaranteed electricity supply is 6-7 years.

The Sun-Wind mobile power station generates an average of 5.4 kWh per hour during the day and 1.2 kWh at night. It has the capacity to produce an average of 32 kWh of electricity per day during the spring-summer season. During the irrigation season (March–October), it generates more than 9,000 kWh of electricity.

**Keywords.** Solar panel, wind generator, alternative energy source, electricity, temperature coefficient.

## Kirish

Qishloq xo‘jaligi korxonalarini elektr energiyasi bilan ta’minlash samaradorligini oshirish yo’llaridan biri iste’molchilar yaqinida joylashgan va mahalliy energiya resurslaridan foydalanadigan kam quvvatli elektr stansiyasi bo‘lgan taqsimlangan ishlab chiqarishni (DG) rivojlantirishdir. Shu bilan birga, qayta tiklanadigan energiyadan foydalanish asosida DGni rivojlantirish mumkin. Qishloq xo‘jaligi korxonalari uchun mavjudlik nuqtai nazaridan eng istiqbolli qayta tiklanadigan manba shamol oqimining energiyasidir [1].

Umumiylar qarashda energiyasamaradorlikni ta’minlashga qaratilgan asosiy tadbirlar quyidagilardan iborat:

energiya iste’moli tarkibi va hajmini tahlil qilish, energiya isroflarini aniqlash, ularning vujudga kelish sabablarini topish va ularni bartaraf etish yoki kamaytirish imkoniyatlarini aniqlash;

elektr energiyasini tejash choralarini ishlab chiqish;

energiya tejashni ta’minlaydigan jarayonlar va jihozlarni joriy etish;

nisbatan kam energiyahajmdorlikga ega bo‘lgan qishloq xo‘jaligi mahsulotlariga bo‘lgan talabni bashorat qilish;

yonilg‘i zaxiralari me’yorlarini hisoblash;

mahalliy va ikkilamchi energiya manbalari mavjudligi to‘g‘risida ma’lumot to‘plash va ulardan foydalanish bo‘yicha takliflarni ishlab chiqish;

irratsional deb hisobdan chiqariladigan energiya talab qiladigan mashina va uskunalar ro‘yxatini aniqlash;

fermer xo‘jaliklarida, jamoalarda, har bir ish joyida iste’mol qilinadigan energiya manbalarini hisobga olishni qo’llash;

olingan xom ashyo, materiallar va boshqa mahsulotlarning noto‘g‘ri sifati, shuningdek ishlab chiqarilgan mahsulotlarning past sifati natijasida kelib chiqadigan energiya resurslarining ortiqcha sarflanishini hisobga olish;

ushbu kamchiliklarni bartaraf etish choralarini qo’llash;

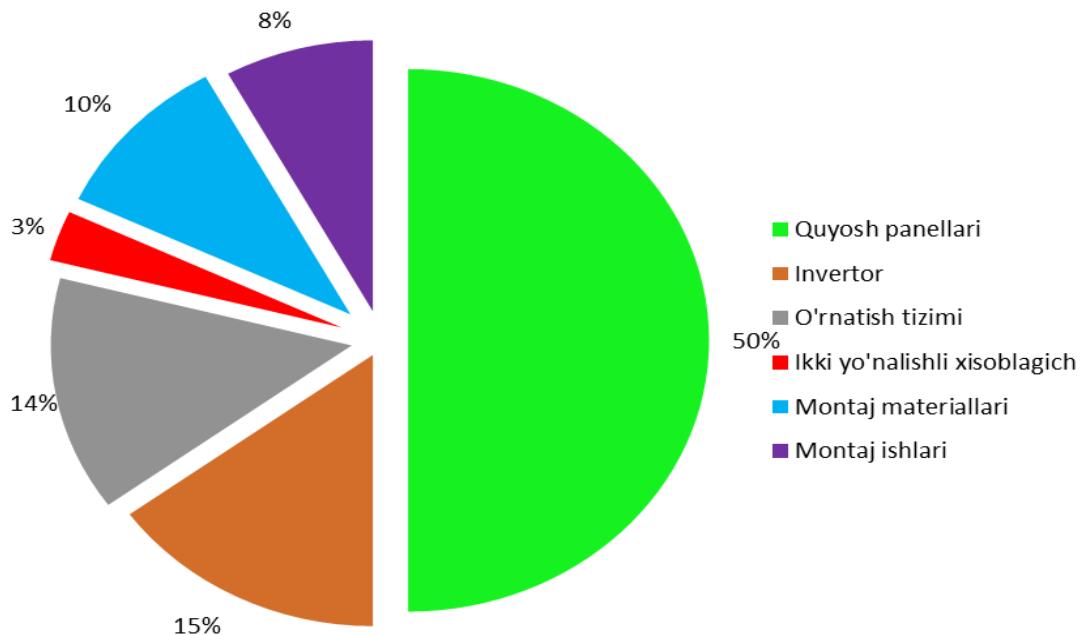
energiya resurslarini tejashni amalga oshirish uchun innovatsion texnologiyalarni o‘rganish va joriy etish;

energiya resurslarini tejash, ixtirolargacha mualliflik patentlarini joriy etish, ratsionalizatorlik takliflari va ularni rag‘batlantirish bo‘yicha musobaqani o’tkazish.

Bu tadbirlarni bajarilishini ta’minalash bo‘yicha elektr energiyasini tejash, hisobga olish, nazorat qilish va rag‘batlantirishni o‘z ichiga olgan tashkiliy va texnik tadbirlarni rejalashtirish. Ishni boshlashda, birinchi navbatda, energiya resurslarini tejash bo‘yicha tashkiliy va texnik tadbirlar rejasini tayyorlash kerak.

Quyosh va shamol jixozlarining keyingi yillarda narxlari pasayish dinamikasi bunday loyixalar raqobatbardoshligini ta’minalamoqda. Bularning barchasiga quyosh panellari va shamol generatorlarining solishtirma kapital xarajatlarini qisqarishi va ish samaradorligini ortishi hisobiga erishilmoqda. Kelgusida nafaqat fotoelektrik modullar narxini pasayishi balki ularning tarkibidagi boshqa tashkil etuvchi elementlarning (o‘zgartgich tizimlari, akkumulyatorlar, boshqarish aparatlari va montaj ishlari) ham narxlari pasayib, umumiyligi modul narxini sezilarli darajada pasayish potensiali mavjud. Chunki fotoelektrik modullar umuiy stansiya narxining 45-50 % ni tashkil qiladi xolos. (1 - rasm)

Quyosh panellarining narxi stansiya narxining deyarli yarmini tashkil etar ekan. Bir necha yil avval bu ko‘rsatkich 70 % dan ziyod edi. Buning asosiy sababi quyosh panellari narxining stansiyani boshqa butlovchi qismlari va montaj ishlari narxiga nisbatan yillar davomida tezroq pasayib borishidir. Fotoelektrik modullarning 1 Vt o‘rnatalgan quvvati narxlari keyingi 13- yil ichida ikki barobarga qisqarib, samaradorlik o‘tgan 22 yilda polikristal modullar uchun 1,5 marta, yupqa plyonkali modullar uchun 20 % ga, monokristal modullar uchun 25 % ga ortdi.



### **1-rasm. Quyosh stantsiyasining tarkibiy tuzilmasi %**

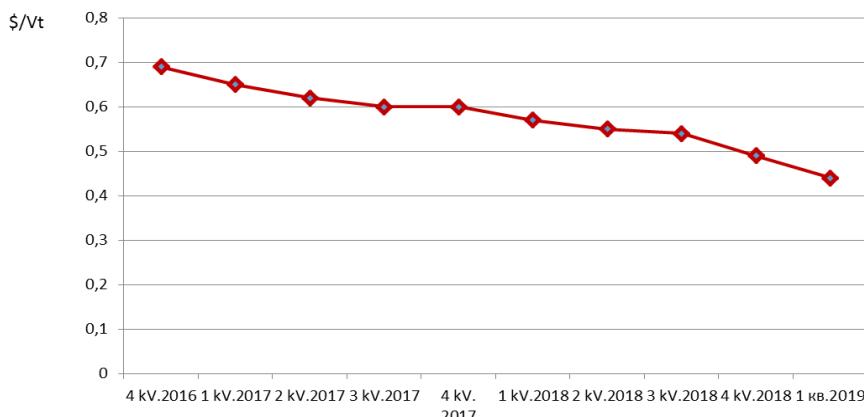
Ko'plab tadqiqotchilar fotoelektrik qurilmalarni keng miqyosda joriy etishga, ular tomonidan ishlab chiqariladigan elektr energiyasi tannarxining yuqoriligi to'siq bo'layotganini e'tirof etmoqdalar. Ushbu kamchilikni bartaraf etishning yo'llaridan biri kichik quvvatli avtonom fotoelektrik stansialarni qurish hisoblanadi.

Quyosh batareyasining solishtirma quvvatinining kamayib boirishi shuni ko'rsatadi, quyosh panellarini tanlashda imkon darajasida yuqoriroq nominal quvvatli panellar tanlanganda ularning tannarxi nisbatan arzonroq tushadi.

Agar 2016 yildan quyosh panellari narxi dinamikasini kuzatilsa olinadigan 1 Vt quvvat uchun 0,69 dan 0,44 dollargacha, ya'ni 36 % ga yaqin qiymatga pasayganini kuzatish mumkin. Ushbu ma'lumotlar 30 kWt gacha quvvatli quyosh stansiyalari savdosining tahlillari asosida olingan. Bunda 1 Vt quvvat uchun 0,44 dollar uchta narh toifasi (ekonom, standart, premium) ning o'rtacha xisoblangan darajasidir: Perligh, Amerisolar, Abi-solar, Risen, JA Solar, Trina Solar, Jinko Solar, Hanwha Q Cells, Sharp

Misol uchun 2014 yilda 10 kWt quvvatli quyosh elektr stansiyasini ishlab chiqaruvchi tomonidan to'la qurib ishga tushirish 18000 dollarga narxlanardi. Oradan 5 yil o'tib, hozirda xuddi shunday quvvatli quyosh elektr stansiyasini ishlab chiqaruvchi tomonidan to'la qurib ishga tushirish deyarli ikki barobar arzonga qurilmoqda (2 - rasm).

Quyida quyosh panellari ishlab chiqaruvchi dunyodagi taniqli kompaniyalar va ularning maxsulotlari xaqida ma'lumotlar keltirilgan.



## 2-rasm. Quyosh panellari narxining o‘zgarish dinamikasi

Amerisolar AS-6P30. Ushbu quyosh batareyalari Xitoyda ishlab chiqariladi. Ammo, brend AQSHda ro‘yxatga olingan. 280 Wt li polikristall panellarning FIK 17,21%. Har bir yacheykada 5 tadan tok o‘tkazuvchi shinali 60 ta fotoelementdan iborat. Amerisolar AS-6P30-280W - ning narxi 98 dollardan boshlanadi. Kamchiligi-issiqlikka chidamsiz. Haroratning xar bir me’yordan ortiq gradusiga 0,41 % yo‘qotish kuzatiladi.

Leapton LP-P-60-275. Leapton Solar-Xitoyda ishlab chiqarish quvvatlariga ega bo‘lgan yosh Yapon kompaniyasi. Ular tomonidan ishlab chiqarilayotgan quyosh panellari o‘z ko‘rsatkichlari bilan Risen, Canadian yoki Ja Solar maxsulotlari bilan raqobatlasha oladi. 5 VV texnologiyasi (xar bir yacheykada 5 tadan tok o‘tkazuvchi shinali) **asosida tayyorlangan** 280Wt li polikristall panellarning FIK 17,21%. Leapton - ning narxi 120 dollar. Kamchiligi-issiqlikka chidamsiz. Haroratning xar bir me’yordan ortiq gradusiga 0,41 % yo‘qotish kuzatiladi.

Risen RSM72-6-330P. **“Rayzen Enerdji” kompaniyasi 10 ta dunyo brendiga kirib, ularning maxsuloti nisbatan qimmat emas.** 330 Wt li polikristall panellarning FIK 17,21 %. Har bir yacheykada 5 tadan tok o‘tkazuvchi shinali 72 ta fotoelementdan iborat. Narxi 120 dollardan boshlanadi. Haroratning koeffitsienti nisbatan talab darajasida bo‘lib, 0,39 %/°S ga teng.

Solar AV270-60P(CN32). Xitoyning “Abi-Solar” kompaniyasi 2013 yildan buyon faoliyat yuritib kelmoqda. O‘z maxsulotlarini asosan SHarqiy Evropa davlatlariga eksport qiladi. 270 Wt li polikristall panellarning maksimal FIK 16,6%. **Narxi 109 dollardan boshlanadi.**

SolarDay PX60 280W. Italiya kompaniyasining maxsuloti. Har bir yacheykada 5 tadan tok o‘tkazuvchi shinali 60 ta fotoelementdan iborat. 280 Wt li polikristall panellarning FIK 17,21 %. Afzallik tomonlari engilligi (18 kg), past harorat **koeffitsienti (0,39%/°S).** **Kamchiligi - ishlash muddati 20 yil.** **Narxi 120 dollar.**

Sharp ND-RJ260. Taniqli Yapon brendi. Polikristall kremniydan Germaniya korxonalarida ishlab chiqilgan. Dunyo standartlariga javob beradi. 2400 Pa shamol yuklanishlariga, 5400 Pa qor bosimiga chidamli, 25 yil xizmat qiladi. Kamchiliklari: FIK-15,9%, harorat koeffitsienti-0,42%/°S. **Narxi-120 dollardan boshlab.**

RECOM RCM-270-6PB. Germaniya brendi ostida Xitoyning **Leapton korxonasida ishlab chiqariladi**. 60 ta fotoelementdan iborat 270Vt li polikristall panellarning FIK 16,5%, harorat koeffitsienti (0,4%/ $^{\circ}$ S). Boshqa quyosh panellariga qaraganda ular chidamliroq, birinchi ikki yilda 2% jan kam darajada eskiradi. Butun xizmat davomida esa bu ko'rsatkich 16,4% dan ortmaydi. Taqqoslash uchun standart modellarda ushbu ko'rsatkichlar mos ravishda 2,5% va 20% ni tashkil etadi. Narxi 125 dollardan boshlab.

Shunday qilib tahlillar ko'rsatmoqdaki nisbatan arzon quyosh panellarini Xitoy bilan bir qatorda Evropa kompaniyalari ham ishlab chiqarmoqda. Amerisolar va Lepton maxsulotlari nisbatan past narhlarda o'zining yuqori unumdorligi bilan ajralib turadi. Rayzen va SolarDey maxsulotlari esa yuqori unumdorlik bilan birga qizishga chidamlidir. Rekom quyosh panellari butun xizmat davomida o'zining ish unumdorligini yaxshi saqlydi. ABi-Solar va Sharp quyosh panellari o'zining narxi va ishonchliligi bilan ajralib turadi.

### **Metodologiya. Tadqiqot hududi**

**Quyosh panellari va shamol generatorlari elementlarining tarkibiy va texnik-iqtisodiy taxlili.** Qishloq xo'jaligi xususan bog'dorchilik va uzumchilikni kelajakda intensiv rivojlanishi energiya ta'minotida, ayniqsa mahalliy energiya resurslari kam joylarida fermer xo'jaliklarini sifatli va ishonchli energiya bilan ta'minlash uchun energiya ta'minot sxemalarida turli xil energiya resurslarini birga qo'shish orqali takomillashtirish kerak.

Energiya resurslaridan samarali foydalanish uchun foydalanilayotgan energetik resurslar tarkibini o'zgartirish kerak. Yuqorida keltirilgan kamchiliklarni hisobga olgan holda mahalliy sharoitlarni hisobga oluvchi energiya resurslaridan samarali foydalanishga yo'naltirilgan yangi tarkibiy shallantiruvchi metodikalar ishlab chiqilmagan. Yangi struktura tarkibiga ta'sir qiluvchi faktorlardan biri iste'mol qilinayotgan energiya resurslarini narhi xisoblanadi. Ma'lumki an'anaviy resurslaridan (neft mahsulotlari, gaz) foydalanib ishlab chiqarilayotgan elektr va issiqlik energiyalarini narxlari yildan-yilga oshmoqda [2].

Quyosh elektr stansiyasining asosiy elementi fotoelektr o'zgartirgichning ishlab chiqarayotgan energiyasi (quvvati)ni o'zgarish dinamikasini tassavur qilish maqsadida uning asosiy ko'rsatkichlarini o'zgarish qonuniyatlarini aniqlangan. Olingan grafik va analistik ifodalar orqali quyosh nurlanishini va QEQ quvvatini o'zgarish qonuniyatlarini hamda fotoelektr o'zgartirgich quvvatini turli hil yuklamalarda o'zgarishlari aniqlangan [3].

ShEQ lar parraklarining aylanish tezligini avtomatik boshqarish va asenkon generator bilan an'anaviy yuqori tezlikda shamol g'ildiragi ishlatiladi. Shamol g'ildiragi tezligini avtomatik boshqarish uchun an'anaviy markazdan qochma mexanizmi ning zaif bo'g'inidir va uning ishonchlilagini pasaytiradi. Asixron generatorga kelsak, uning kamchiliklaridan biri o'z-o'zini qo'zg'atish jarayonining qoldiq magnetizm oqimiga bog'liqligi bo'lib, uning qiymati tasodifiy xarakterga ega [4].

Shamol oqimining o'ziga xos kuchi, shamol generatorining kuchidan farqli o'laroq, shamol energiyasini o'zgartirish usuliga bog'liq emas. Uning qiymati faqat shamol tezligi va havo zichligi, ya'ni shamol generatorining geografik joylashuvi va o'rnatish balandligi bilan belgilanadi [5].

Kichik shamol turbinalari-Bergey EXCEL, 10 kW

Konfiguratsiya: 2 yoki 3 pichoq quyruq bilan shamol tomon yo'naltiriladi

Pichoqlar: elyaf bilan mustahkamlangan plastik

Tezlikni himoya qilish:

Tormozlash (shamol g'ildiragi shamoldan chiqariladi)

Jenerator: doimiy magnitlangan to'g'ridan-to'g'ri haydovchi bilan (cho'tkasiz)

Nazoratchi: chiqaradigan elektron qurilma

Akkumulyatorlarni zaryad qilish uchun doimiy quvvat manbai;

Tarmoqqa ulanish uchun AC quvvat manbai

Natija:

Oddiy ishonchli dizaynlar;

Faqat 2-4 harakatlanuvchi qismlar;

Kichik profilaktik yordamni talab qilish [6].

Avtonom elektr ta'minoti tizimlarining parametrlarini optimallashtirish uchun MATLAB muhitida dasturiy ta'minot ishlab chiqildi, ulardan foydalangan holda hisob-kitoblar amalga oshirildi va Rossiya Federatsiyasi hududidagi 50 geografik nuqta uchun SAESning optimal parametrlari aniqlandi.

Olingan natijalarini tahlil qilish asosida umumiy mintaqalar uchun avtonom tizimlar parametrlarini tanlash bo'yicha tavsiyalar markazlashmagan elektr ta'minoti va qayta tiklanadigan energiya manbalariga asoslangan qurilmalarni SNPPlarda qo'llashning istiqbolli yo'nalishlarini ta'kidladi [7].

Qishloq xo'jaligi iste'molchilarini elektr tarmoqlarining katta uzunligi, elektr inshootlarining nisbatan kam quvvati, yukning mavsumiy tabiat, shuningdek o'rnatilgan quvvatdan qisqa muddat foydalananish bilan bog'liq elektr ta'minoti xususiyatlari elektr energiyasining sezilarli darajada yo'qolishiga olib keladi va e uzatish xarajatlarini oshiradi. Bundan tashqari, elektr tarmoqlarining katta asinmetriyali tufayli, iste'molchilar ma'lumotlarini elektr ta'minoti ishonchligini ta'minlash muammosi mavjud. Bularning barchasi, o'z navbatida, qishloq xo'jaligi mahsulotlarini ishlab chiqarish samaradorligini pasayishiga olib keladi.

Yer yuzasi bir kunda qabul qildigan radiatsiya miqdori, birinchi navbatda xududning geografik kengligi va yil vaqtiga bog'liq. Har bir kenglikda tegishli fasl kunning davomiyligini belgilaydi (yorug'lik kun) va, demak, radiatsiya oqimining davomiyligiga ta'sir qiladi. Geografik kenglikning ortishi, qishda kunduzgi soatlarning davomiyligini kamaytirib, yozda esa orttiradi.

Quyosh radiatsiyasining gorizontal yuzaga tushishi nafaqat kunning uzunligiga, balki quyoshning tikligiga ham bog'liq. Quyoshning tikligi xududning geografik kengligi, fasl va sutkaga qarab o'zgaradi.

Quyosh radiatsiyasining kelishining geografik kenglikka bog'liqligi aniqroq qishda kuzatilishi mumkin: yuqori geografik kengliklarga qarab quyosh radiatsiyasining miqdori kamayadi. Yozda geografik kenglikning ortishi bilan, kunning uzunligi va atmosferaning shaffofligi ortib, to'g'ridan-to'g'ri va umumiy nurlanishning ko'payishiga yordam beradi. Bulutli kunlarni ko'payushi to'g'ridan-to'g'ri radiatsiyani kamaytirib, tarqalgan nurlanishni oshiradi.

Tarqalgan nurlanish oqimi, garchi atmosferadagi to'g'ridan-to'g'ri quyosh radiatsiyasi oqimi zaiflashuvni qisman qoplasada, ammo bu to'la bo'lmaydi [8].

O'tgan asrda QFElar samaradorligi deyarli 1 % ga etdi-hozirgi vaqtida silikon QFE samaradorligi 15-20 % ni tashkil qiladi. QFE ishlab chiqilgan, uning laboratoriya sharoitida maksimal samaradorligi 36,9 % (kaskadli heterostrukturalar asosida) va 37,5% (arsenid-galliy) ga etadi, ammo ularning narxi ancha qimmat. Standart sinov sharoitida er usti kaskad SFELARINING kutilayotgan samaradorligi 44%, nazariy samaradorligi 49 % ni tashkil qiladi. Hozirgi vaqtida an'anaviy yoqilg'i narxlarining o'sish tendentsiyasi mavjud. Yoqilg'i zaxiralari cheklangan, ya'ni vaqt o'tishi bilan ularning qiymati yanada oshadi. An'anaviy energiya resurslaridan olinadigan elektr energiyasi narxlarining oshishi va QFElar qiymatining pasayishi, shuningdek ularning samaradorligining oshishi fonida QFElni rivojlantirish masalalari tobora maqsadga muvofiq bo'lib kelmoqda [9].

Ma'lumki, o'rtacha kvadratik og'ish ishlab chiqarish tannarxini taqsimlashda bahsli afzallik xisoblanadi. 1 kVt soat elektr energiya kompleks tizimi normal holatga, statistik jihatdan tekshirilishi kerak, bu parametr yordamida berilgan ehtimollik bilan tasodifiy qiymatini kutib o'zaro bog'lanish chegaralarini aniqlash mumkin. Shunday qilib, masalan, 68 % ehtimollik bilan bahslashish mumkin, tasodifiy o'zgaruvchining qiymati nima XI (bizning holatlarimizda narx 1 kVt / soat elektr energiyasini ishlab chiqarish. energiya ID ~ x±s, va 95% ehtimollik bilan-XI ±2s ichida.

Barcha energiya manbalarining o'ziga xos afzalliklari va kamchiliklari bor, ko'rib chiqilgan SES va QES ham ularga ega. Quyosh energiyasini o'rnatish qimmatga tushadi va shamol energiyasi shamol o'zgaruvchanligi tufayli beqaror. Ushbu tizimdagи asosiy manba shamol fermasi hisoblanadi, chunki u quyosh panellaridan arzonroqdir. SES uzoq sokin ob-havo sharoitida ushbu tizimni "saqlaydi".

Qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan stansiyalarining ikkala variantini ham ko'rib chiqib, tahlil qilib, shuni ishonch bilan aytish mumkinki, ulardan yagona elektr ta'minoti tizimida foydalanish ushbu stansiyaning quvvati va samaradorligini oshiradi.

Yaqin kelajakda sanoat elektr uzatish liniyalarining samaradorligi 30-35% gacha ko'tarilishi mumkin (laboratoriya sharoitida rekord darajadagi samaradorlik 40% ga etadi) va kelgusi yillarda ularning modullardagi qiymati 1 dollardan kam bo'lishi mumkin ./ kVt tig'iz [10].

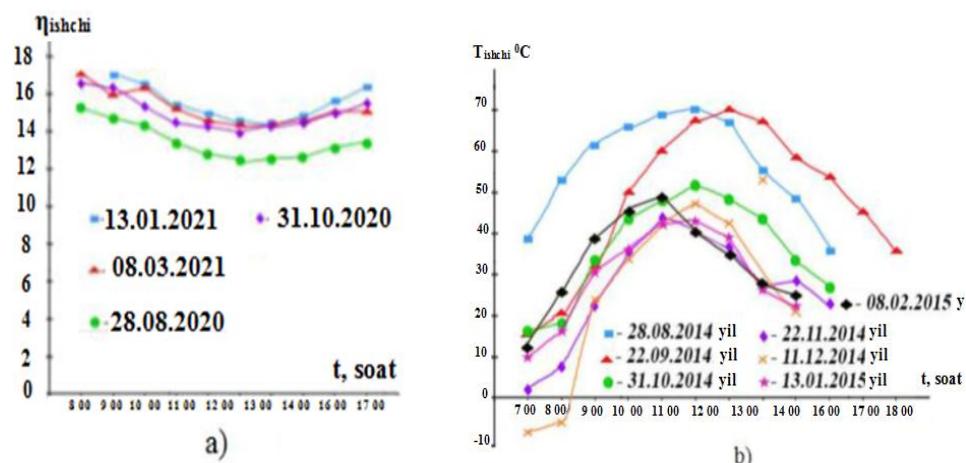
Bir guruh ispan va o'zbek mutaxassislari respublikada quyosh energetikasining rivojlanishini tahlil qildilar. Ushbu tahlil asosida "yo'l xaritasi" ning mosligi ishlab chiqilgan. Ushbu tahlilning asosiy xulosalaridan biri: solnechnaua energioua mahalliy iqtisodiyot va energiya ishlab chiqarish sektorining asosiy harakatlantiruvchi kuchiga aylanishi mumkin.

Optimistik parametrlarni ko'rib chiqing ya yo'l xaritasi stsenariysi (dastlabki natijalar):

- 2031g - 10 GVt uchun o'rnatilgan quvvat;
- energiya ishlab chiqarish-17 TVt s.;
- ish o'rinalarini yaratish - 36 mingdan ziyod o'rinn;
- jami investitsiyalar -36 milliard dollar [11].

Eksperimentlar davomida olingen ma'lumotlar shuni ko'rsatdiki, yilning issiq paytida 8-21% ga kamayadi. Qishda, quyosh paneli yuzasi 30°C haroratgacha qiziydi va bunda quyosh stantsiyasining samaradorligi 7-8% ga kamayadi va yozda sirt harorati 60°C ga etadi, samaradorlik esa 20-21% ga kamayadi (3-rasm).

- Quyosh panelning samaradorligi yilning turli vaqtlarida quyosh kunida olingen;
- turli iqlim sharoitida quyosh panelining sirt harorati qiymatlarini o'rganish natijasida olingen



**3 - rasm. Yil davomida issiq havoda quyosh panelining samaradorlik ko'rsatkichlari**

Quyosh elementini tayyorlash sifati, uning komponentlari, qo'llanilgan jihozlarga ko'p narsa bog'liq bo'ladi. Quyida bunga misollar keltirilgan:

Quyosh elementlarini kavsharlash (payka) sifati - agar bu jarayon talab darajasida olib borilmasa, kontaktlarning aynan yomon ulangan joylari o'ta qizib, kuyish xolatlari kuzatiladi;

EVA plenkalar sifati - fotoelementlar va toblangan oyna o'rtasida joylashgan bunday plenkalarsifatsiz bo'lgan xolda nur o'tkazish xususiyati yomonlashib, ishlash muddatining qisqa oraligida ishdan chiqishi mumkin. Standart talablari darajasidagi plenka esa 30 yildan ortiqroq vaqt davomida o'z yaroqlilagini yo'qotmay, shu davr mobaynida uning nur o'tkazish qobiliyati 25-30% dan ortmaydi;

Modulning germetik yopiqlik sifati va orqa himoya plenkasi sifati har qanday modulda plenka orqali namlik diffuziyasi kuzatiladi. Bunda plenka sifatli bo'lsa modul ichiga kirib qolgan barcha namlik modulning quyosh nurlari ostida qizishi natijasida tashqariga chiqib ketadi. Agar plenka sifatsiz bo'lsa ichkariga kirgan namlikning bir qismi tashqariga chiqmay qolib, kontaktlarga zarar etkazadi. Bu o'z navbatida modulning muddatidan oldin ishdan chiqishiga olib keladi;

Alyumin rama sifati sifatsiz anodlanish ramkaning oksidlanishiga va pirovardida zangalishiga olib keladi.

Quyidagi jadvalda "Quyosh-shamol" mobil elektr stansiyasi tarkibiga kiruvchi barcha uskuna va jihozlar nomlari va narhlari keltirilgan.

Quyosh elektr stansiyalarini narxi faqat quyosh panellari narxigagina bog'liq emas.

Misol uchun xo'jalikda 2,7kVt quvvatli sutka davomida 10kVt·soat quvvat iste'mol qiluvchi iste'molchi uchun shamol generatori o'rnatish kerak.

Bundan kelib chiqadiki sutka davomida doimiy ishlab 10kVt·soat elektr energiyasi ishlab chiqara oladigan shamol generatorining quvvati 0,5kVt ga teng bo'ladi. Ammo shamol doimo ham bir xil quvvatda esmaydi.

Yuqoridagi jadvaldan xuddi shunday quvvatli shamol generatori parragining diametri shamol tezligi 8 m/s bo'lganda, d=4m, shamol tezligi 7m/s bo'lganda, d=5 m, shamol tezligi 6 m/s bo'lganda, d=6m ga teng bo'ladi. Shuning uchun shamol generatorini o'rnatishdan oldin yilning oylari bo'yicha shamol tezligi ko'rsatgichlarini taxminiy bashoratini aniqlab keyin shamol generatorini tanlash talab etiladi.

Suvni ko'tarish moslamasining imkoniyatlarini baholash uchun taklif qilingan umumlashtirilgan parametrdan foydalanish mumkin [12], bu erda ko'plab ma'lumotlar asosida kuniga o'rtacha  $1,5 \div 2,0 \text{ Vt/m}^3$  ko'rsatkich olinadi., uning ma'nosи shundaki, 1 m balandlikda kuniga 1 m<sup>3</sup> iste'mol qilish uchun  $1,5 \div 2,0 \text{ Vt}$  quyosh fotovoltaik batareyasi talab qilinadi.

Grundfos tomonidan quyosh suv ta'minoti tizimlarining asosiy parametrlarini aniqliq hisoblash uchun nomogramma ishlab chiqilgan. Bu nasos agregatlari parametrlarini, fotovoltaik batareyaning zarur quvvatini va ufqqa optimal burchak ostida joylashgan fotogenerator tekisligiga quyosh nurlanishining o'rtacha kunlik miqdorini bog'laydi.

Nomogramma suv-energiya hisob-kitoblarining ba'zi analogidir, chunki u past bosimli quvurlardan foydalangan holda sug'orish texnologiyasidan foydalanish xususiyatlarini to'liq hisobga olmaydi. Taqdim etilgan nomogramma (4-rasm) ko'p bosqichli suv osti santrifüj elektr nasoslari uchun mo'ljallangan bo'lib, ular

bosimning nisbatan past darajasi bilan ham ishlashi mumkin, ammo ularning ish samaradorligi juda past bo'ladi, chunki nasosning o'zi maqbul zonada ishlamaydi.

5 m dan kam bosimli nasos agregatlarida q va H parametrlarining optimal kombinatsiyasi uchun eksenel pervanelli nasoslardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Aynan shu nasos agregatlari meliorativ tizimlarda va gidrotexnik shlyuzlarda suvni ko'tarish uchun ishlatiladi, ammo, qoida tariqasida, bu o'nlab va yuzlab kilovatt quvvatga ega yirik nasos agregatlari. Bunday nasoslarning samaradorligi juda yuqori va 90% dan oshadi. Shunday qilib, sug'orish tizimlarida quyosh PV qurilmalarini keng qo'llashning asosiy vazifasi eksenel pervanellar va  $2 \div 3$  m bosh bilan 1,0 kWtgacha bo'lgan kichik nasos agregatlarini ishlab chiqishdir.

Bunday past bosimli quyoshli suv ko'tarish tizimlaridan foydalanishning istiqbolli texnologiyalaridan biri ularni turli qatorli ekinlarni jo'yaklar bo'ylab sug'orish uchun sug'orish quvurlari to'plamlari bilan birgalikda ishlatish bo'lishi mumkin. Bunday tizimlar polimer materiallardan tayyorlangan moslashuvchan tekis vintli quvurlarni o'z ichiga oladi. Bundan tashqari, ushbu tizimlarda suv ta'minoti jo'yaklar orqali amalga oshirilganligi sababli, o'simliklar uchun termal zARBalar chiqarib tashlanadi va tizim kunduzi ishlashi mumkin va shuning uchun suv omborlarida suv ta'minoti kerak emas.

3-rasmida o'rnatilgan 800Vt quvvatga ega mobil fotovoltaik stansiyaning kengaytirilgan holatda namunasi ko'rsatilgan. Bunday tizimning og'irligi va o'lchamlari uni 5 ot kuchiga ega yuradigan traktor yordamida tashishga imkon beradi.s. maydoni  $6 \div 8$  m<sup>2</sup> bo'lgan 1kWtgacha bo'lgan fotovoltaik qurilmalar suzuvchi qurilmalarga o'rnatilishi mumkin va bu holda ular to'g'ridan-to'g'ri sug'orish kanallari orqali ko'chirilishi mumkin.

Hozirda O'zbekistonda sug'orish uchun mobil quyosh fotoelektrik suv ko'tarish moslamalari deyarli ishlab chiqarilmaydi. Bugungi kunda agrosanoat majmuasining, faollashishi munosabati bilan bunday inshootlarga ehtiyoj katta. Ushbu loyihalarni amalga oshirish imkoniyatlari iqtisodiy jihatdan asosli, ammo ishlab chiqarishni rivojlantirish va chet elda qo'llanilishi har yili o'sib borayotgan bunday qurilmalarni joriy etish muammosini tezda hal qilish uchun kichik biznes e'tiborini jalb qilishni talab qiladi.

Xudud bo'yicha shamol parametrlarini aniq ko'rsatgichlarini ma'lum muddat davomida anemometr o'lchov asbobi yordamida o'lchov ishlarini olib borish orqali aniqlash mumkin.

Kichik quvvatli shamol generatorlari xozircha ishlab chiqarayotgan elektr energiyasiga nisbatan juda qimmat. Shamol tekin bo'lsada, kichik quvvatli shamol generatorlarining o'z-o'zini qoplash muddati ular o'rnatilgan xududga, quvvatiga, shamol generatorining texnik tavsiflariga bog'liq holda 5-15 yilgacha boradi. Bunda minora, akkumulyator batareyalari, invertor va boshqa qo'shimcha jixozlar shamol generatorlari narxini juda qimmatlashtirib yuboradi. Bundan tashqari ayrim xududlarda shamol kuchi va tezligi doimo etarli bo'lmay qoladi. Bunday hollarda akkumulyator zaryadi elektr asboblarining zaryadlashga ham etmay qoladi. SHuning uchun bunday xududlarda shamol generatorlari qo'shimcha manba sifatida qo'llaniladi. Shamol turbinalarining 1 kWt quvvati uchun narxi 1 000 \$ dan 3 000\$ gacha.

## Natijalar.

ALT-600 rusumli kichik quvvatli shamol generatori ko'chma bo'lib, ularni mobil dala, tog' sharoitlarida ekspluatatsiya qilish qulay. Ayniqsa fermer xo'jaliklari uchun juda mos keladi. Unda qo'llanilgan o'zgarmas magnitlardagi sekin aylanuvchi elektr generatori maxsus kuchaytiruvchi reduktorga zarurat tug'diirmaydi. Bu o'z navbatida generatorning ortiqcha shovqinsiz, kam isroflar bilan ishlab, yuqori ishonchilikga ega bo'lishini ta'minlaydi. Samolet profilli parraklarning energosamaradorligi (shamol kuchidan foydalanish koeffitsienti) odatdagilariga qaraganda 2-4 marta yuqori. 2 - jadvalda uning texnik va iqtisodiy parametrlari keltirilgan (19-ilova).

1. SM200-24P - rusumli polikristall quyosh panellarini tanlaymiz. 1329x990x35 o'lchamli bir donasining narxi 1200000 so'm. Bizning stansiya uchun 18 dona kerak.

$$Q_{\text{quyosh.panel}} = Q_{\text{bir.dona}} \cdot N_{\text{panel.soni}} = 1,2_{\text{mln.so'm}} \cdot 18 = 21,6_{\text{mln.so'm}}$$

2. Mobil elektr stansiya korpusi (*pritsep bilan*) harajatlari alovida kalkulyasiya asosida qurilgan va u quyidagi qiymatga ega:

$$Q_{\text{asos}} = 24_{\text{mln.so'm}}$$

3. Tanlangan shamol generatorining milliy valyutadagi narxi 2020 yil oktyabr oyi kursi bo'yicha 14000000 so'mni tashkil etadi. Shamol generatorining ishlab chiqargan elektr energiyasi narxlariga taqsimlanganda ushbu generatorning o'zini qoplash muddati 8 yilni tashkil etishi aniqlandi. (- ilova)

Quyosh-shamol mobil elektr stantsiyasi  $24,6\text{m}^2$ , 15ta quyosh paneli va 2 shamol generatoriga ega. O'zbekiston sharoitida quyosh panellari kuniga o'rtacha  $T_1=10$ soat davomida yiliga 8 oy davomida va 4 oy davomida  $t_2=8$ soat davomida o'rtacha maksimal quvvatning 70-75% ni ishlab chiqaradi:

End-60-310M maydoni  $1,7\text{m}^2$  ni tanlang, har bir quvvati 310Vt-monokristalli quyosh panellari. Bir penalning narxi 2300000 so'mni tashkil etadi. Mobil stantsiya uchun sizga 15 ta paneli kerak.

$$Q_{\text{quyosh.panel}} = Q_{\text{bir.dona}} \cdot N_{\text{panel.soni}} = 2,3_{\text{mln.so'm}} \cdot 15 = 34,3_{\text{mln.so'm}}$$

Yillik foydalanish xarajatlarini hisobga olgan holda mobil elektr stantsiyasini qurish qiymati alohida hisob-kitoblarga asoslanadi va quyidagi qiymatga ega:

$$Q_{\text{jami}} = 93\text{mln} \cdot \text{so'm}$$

O'zbekiston sharoitida quyosh panellari kuniga o'rtacha  $T_1=10$ soat davomida yiliga 8 oy davomida va 4 oy davomida  $t_2=8$ soat davomida maksimal quvvatning 70-75% ni ishlab chiqaradi:

$$Q_{\text{quyosh.sot}} = N_{\text{panel}} \cdot 0,75_{\text{max.panel}} = 15 \cdot 0,75 \cdot 310 = 3,5\text{kVt}$$

$$P_{\text{sutka.1}} = P_{\text{soat}} \cdot t_1 = 3490 \cdot 10 = 34900\text{Vt} \approx 35\text{kVt}$$

$$P_{\text{sutka.2}} = P_{\text{soat}} \cdot t_2 = 3490 \cdot 8 = 27920\text{Vt} \approx 28\text{kVt}$$

Quyosh-shamol mobil elektr stantsiyasi, operatsion talablarga va mavsumiy sharoitlarga qarab, yiliga 340 kun ishlaydi. Shundan kelib chiqib, biz yillik elektr energiyasini ishlab chiqarishni hisoblaymiz:

$$P_{\text{yillik.1}} = P_{\text{sutka.1}} \cdot 210_{\text{har.kun}} = 35 \cdot 210 = 7350\text{kVt}$$

$$P_{\text{yillik.2}} = P_{\text{sutka.2}} \cdot 310_{\text{har.kun}} = 28 \cdot 130 = 3640\text{kVt}$$

$$P_{\text{yillik.quyosh}} = P_{\text{yillik1}} + P_{\text{yillik2}} = 7350 + 3640 = 10990 \text{kVt}$$

Dala sharoitida shamol generatori nominal quvvatining o'rtacha 80% ni ishlab chiqaradi. Shu asosda biz uning ishlab chiqarish quvvatini soatiga hisoblaymiz:

$$P_{\text{shamol.soat}} = 0,8 \cdot P_{\text{nom.shamol}} = 0,8 \cdot 0,6 = 0,48 \text{kVt}$$

300 kunlik ish rejimida 2 shamol generatorining yillik ishlab chiqarish quvvati:

$$P_{\text{shamol.sut}} = P_{\text{shamol.soat}} \cdot t_{\text{ish}} = 0,48 \cdot 20 = 9,6 \text{kVt}$$

$$P_{\text{shamol.yil}} = P_{\text{shamol.sut}} \cdot 300_{\text{sut}} = 9,6 \cdot 300 = 2880 \text{kVt}$$

"Quyosh-shamol" mobil stansiyasining yillik operatsion xarajatlarini hisoblab chiqamiz:

$$Q_{\text{eksp}} = Q_{\text{rab.x.f}} + Q_{\text{servis}} + 4_{\text{mln}} + 1,2_{\text{mln}} = 5,2$$

Biz shamol-quyosh mobil stansiyasining yillik ishlab chiqarish quvvatini hisoblaymiz:

$$P_{\text{yil}} = P_{\text{yil.quyosh}} + P_{\text{yil.shamol}} = 10990 + 2880 = 13870 \text{kVt}$$

Ishlab chiqarish uchun 1 kVt soat elektr energiyasi 450 so'm miqdorida o'rnatiladi.

$$Q_{\text{iqtisodiy}} = P_{\text{yillik}} \cdot Q_{1.\text{kVt.s}} = 13870 \cdot 450 = 6,3 \text{mln.so'm}$$

Mobil elektr stantsiyasining xizmat muddati quyosh shamol 20 yil. Shuning uchun yillik amortizatsiya qiymatini hisoblaymiz:

$$Q_{\text{stan.yillik}} = \frac{Q_{\text{butun.mamlak}}}{T_{\text{xay.pay}}} = \frac{93000000}{20} = 4908042 \approx 4,7 \text{mln.so'm}$$

Quyosh-shamol mobil elektr stansiyasining yillik elektr energiyasini ishlab chiqarish qiymati 6,3 mln. ni tashkil etadi, biroq qo'shimcha ijtimoiy-iqtisodiy sharoitlar yaratilganligini hisobga olgan holda, kafolatlangan elektr ta'minoti mavjud bo'lмаган yoki bo'lмаган uzoq hududlar uchun quyosh-shamol mobil elektr stantsiyasining qaytarilishi 6-7 yilni tashkil etadi.

## Xulosalar

1. "Quyosh-shamol" mobil elektr stantsiyasida quyosh panellarini quyoshga azimuthal moslashish tizimini joriy etilishi ushbu stantsiya narxini 15-17 % gacha, quyosh nurlariga to'la moslashish tizimini joriy etilishi esa 27-30 % gacha ortishiga olib keladi.

2. "Quyosh-shamol" mobil elektr stantsiyasi kunduzi soatiga o'rtacha 5,4 kVt·s, kechasi esa 1,2 kVt·s elektr energiyasi ishlab chiqaradi. Bir sutkada u bahor-yoz mavsumida o'rtacha 32 kVt·s elektr energiyasi ishlab chiqarish imkoniyatiga ega. Sug'orish mavsumida (mart-oktyabr oylari) 9000 kVt·s ziyod elektr energiyasi ishlab chiqaradi.

3. "Quyosh-shamol" mobil elektr stansiyasining tajriba namunasi narxi 2024 yil xolatiga 136.2 mln.so'm. Mazkur qurilma 10 hektar yerni odatiy, 20 hektar yerni esa tomchilash usulida sug'orish, 4 ta mini elektr traktorni dala sharoitida zaryadlash, dalada xizmat sharoitlari yaratish imkonini beradi. Shu xizmatlar daromadi «Quyosh-shamol» mobil elektr stantsiyasi xarajatlari 4-5 yilda o'zini qoplaydi.

4. “Quyosh-shamol” mobil elektr stansiyasi narnining amortizatsiya muddatini 20 deb olganimizda ishlab chiqariladigan 1 kVt·s elektr energiyasi tannarxi (2020 yil narxlarida) 963 so‘mga teng. Ammo, stansiyaning o‘zini qoplash muddati 7 yilni tashkil etishini nazarda tutilganda, sakkizinch yildan boshlab ishlab chiqariladigan elektr energiyasi tannarxi faqat ekspluatatsiya harajatlari asosida aniqlanib, deyarli tekinga tushadi.

### **Adabiyotlar:**

1. Шелубаев М.В. Обоснование параметров ветроэлектрической станции на базе ветроэнергетических установок малой мощности для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей: Автореф. дис... канд. тех. наук. - Челябинск: “Челябинская государственная агронженерная академия”, 2015. – С. 24 (3).
2. Ibragimov M., Eshpulatov N.M. Fermer xo‘jaliklari iste’molchilarini qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan lokal energiya ta’minot tizimi. // Agrar soha tarmoqlarida elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish muammolari: Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari. 28 noyabr 2018. - Toshkent, 2018. – B. 478-481.
3. Ibragimov M., Ergasheva G., Salomov M. Quyosh fotoelektr o‘zgartirgich parmetrlarini eksperimental aniqlash. // Agrar soha tarmoqlarida elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish muammolari: Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari. 28 noyabr 2018. - Toshkent, 2018. – B. 475-478.
4. Чернов Р.О. Автономная ветроэлектрическая установка: Автореф. дис... канд. тех. наук. - М.: ВНИИ ЭСХ, 2000. – С. 21 (3).
5. Дунгбаев Ш.И. Вопросы развития и использования возобновляемых источников энергии для маломощных предприятий. // Проблемы повышения эффект. исп. эл. энергии в отраслях АПК: Материалы межд. научно-практ. конф. 28 ноября 2018. - Ташкент, 2018. – С. 467-471.
6. <http://ptfcar.org/wp-content/uploads/2018/05>
7. Аронова Е.С. Методика обоснования параметров систем автономного электроснабжения на базе солнечных фотоэлектрических установок: Автореф. дис... канд. тех. наук. -Санкт-Петербург: “Санкт-Петербургский” политехнический университет, 2010. – С. 20 (16).
8. Лукутин Б.В. , Суржикова О.А. , Шандарова Е.Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. Монография Москва. Энергоатомиздат 2008. – С. 231.
9. Амерханов Р.А., Авджян Н.С. Электроснабжение сельскохозяйственных потребителей Краснодарского края за счет возобновляемых источников энергии. // Ж. Вести Аграрной науки Дона. - 2017. -№ 4 (40). – С. 34-39.
10. Попел О. С. Возобновляемые источники энергии: рол и место в современной и перспективной энергетике. // Ж. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). - 2008. - № 6. 95. -Б. 106.
11. Захидов Р.А. Инновационные технологии в энергетике и освоение возобновляемых источников энергии в Узбекистане. // Проблемы повышения эффект. исп. эл. энергии в отраслях АПК: Материалы межд. научно-практ. конф. 28 ноября 2018. - Ташкент, 2018. – С. 20.

12. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 29-martdagi "O'zbekiston Respublikasida meva-sabzavotchilikni jadal rivojlantirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi PF-5388-sonli [Farmoni](#)

## **O'SMAT SHAHARCHASI ELEKTR TARMOQLARINI RAQAMLI BOSHQARISH**

**Mamarasulova Gulruh Shavkat qizi** – TIQXMMI Milliy tadqiqot universiteti magistranti, [mamarasulovagulrux18@gmail.com](mailto:mamarasulovagulrux18@gmail.com)

**Toshpo'latov Nusratillo Telmanovich** – TIQXMMI Milliy tadqiqot universiteti «Elektr ta'minoti va qayta tiklanuvchan energiya manbalari» kafedrasi dotsenti, t.f.n.

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada O'smat shaharchasining elektr ta'minot tarmog'ini zamonaviy raqamli texnologiyalar asosida takomillashtirish masalalari ko'rib chiqilgan. Elektr tarmoqlarini raqamlashtirish orqali energiya samaradorligini oshirish, xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish va elektr ta'minotining ishonchlilagini oshirish imkoniyatlari tahlil qilingan. Mavjud podstansiya va elektr ta'minot tizimidagi uskunalarining texnik holati o'rganilgan, ularni zamonaviylashtirish uchun raqamli echimlar taklif etilgan. Natijada raqamli boshqaruvin tizimlarini joriy etish orqali elektr energiyasi isroflarini kamaytirish, nosozliklarni oldindan aniqlash hamda elektr ta'minoti sifatini oshirish bo'yicha tavsiyalar berilgan.

**Kalit so'zlar:** raqamli elektr tarmoqlari, elektr ta'minoti, energiya samaradorligi, SCADA tizimlar, aqli tarmoqlar, podstansiya avtomatlashtirish, raqamli transformatorlar, elektr tarmoqlarini monitoring qilish.

## **ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОСЕТЕЯМИ КАМПУСА УСМАТ**

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются вопросы совершенствования системы электроснабжения поселка Усмат на основе современных цифровых технологий. Проанализированы возможности повышения энергоэффективности, снижения эксплуатационных расходов и повышения надежности электроснабжения посредством цифровизации электрических сетей. Изучено техническое состояние существующей

подстанции и оборудования системы электроснабжения, предложены цифровые решения для их модернизации. В результате даны рекомендации по снижению потерь электроэнергии, раннему выявлению неисправностей и повышению качества электроснабжения через внедрение систем цифрового управления.

**Ключевые слова:** цифровые электрические сети, электроснабжение, энергоэффективность, SCADA системы, умные сети, автоматизация подстанций, цифровые трансформаторы, мониторинг электрических сетей.

## DIGITAL MANAGEMENT OF ELECTRICITY NETWORKS OF THE CITY USMAT

**Abstract:** This article examines the issues of improving the power supply network of Usmat settlement based on modern digital technologies. The possibilities of increasing energy efficiency, reducing maintenance costs, and improving the reliability of power supply through digitalization of electrical networks are analyzed. The technical condition of the existing substation and equipment of the power supply system has been studied, and digital solutions for their modernization have been proposed. As a result, recommendations are given for reducing electricity losses, early detection of malfunctions, and improving the quality of power supply through the implementation of digital control systems.

**Keywords:** digital electrical networks, power supply, energy efficiency, SCADA systems, smart grids, substation automation, digital transformers, electrical network monitoring.

**Kirish.** Hozirgi kunda Respublikamizning barcha hududlarida, shu jumladan, qishloq joylarda ham elektr energiyasiga bo'lgan talab jadal sur'atlar bilan o'sib bormoqda. Bu jarayon O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-2023 yillarda mamlakatimizni elektr energiyasi bilan ta'minlash tizimini isloh qilish strategiyasi doirasida ko'rib chiqilgan [1]. Zamonaviy iste'molchilar nafaqat uzlusiz elektr ta'minotini, balki yuqori sifatli elektr energiyasini ham talab qilmoqda, chunki kompyuterlashtirilgan qurilmalar, mikroprotsessor boshqaruv tizimlari, nozik elektron jihozlar va avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish liniyalarining ishlashi uchun kuchlanish va chastota barqarorligi juda muhimdir.

Zamonaviy iste'molchilar nafaqat uzlusiz elektr ta'minotini, balki yuqori sifatli elektr energiyasini ham talab qilmoqda, chunki kompyuterlashtirilgan qurilmalar, mikroprotsessor boshqaruv tizimlari, nozik elektron jihozlar va avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish liniyalarining ishlashi uchun kuchlanish va chastota barqarorligi juda muhimdir. Kuchlanishning pasayishi yoki sakrashi, energiya ta'minotining qisqa muddatli uzilishi ham zamonaviy qurilmalar uchun jiddiy muammolarga, ma'lumotlar yo'qolishiga va jihozlarning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin.

O'smat shaharchasi Baxmal tumanida joylashgan bo'lib, 35/10 kV li «O'smat» podstansiyasidan elektr energiyasi bilan ta'minlanadi. Podstansiya 1970 yilda qurilgan, uskunalar esa eskirgan, bu esa elektr ta'minotining buzilishi va energiya isroflarining ortishiga olib kelmoqda [2]. Shuningdek, tumanida yangidan qurilayotgan turar-joy majmualari, ishlab chiqarish korxonalari, ijtimoiy obyektlar (maktablar, shifoxonalar va boshqalar) elektr energiyasiga bo'lgan talabni yanada oshirmoqda.

Shu bilan birga, tumanida yangidan qurilayotgan turar-joy majmualari, chinni buyumlar sexi, kulochilik sexi, chorvachilik fermasi, paxtani qayta ishlash zavodi, sok-kompot mahsulotlarini ishlab chiqarish zavodi, g'isht zavodi kabi ishlab chiqarish korxonalari, shuningdek, yangi maktablar, bolalar bog'chalari, kutubxona, turistik mehmonxonalar va boshqa ijtimoiy obyektlar elektr energiyasiga bo'lgan talabni yanada oshirmoqda. Mayjud elektr ta'minot tizimi esa, o'sib borayotgan talablarni to'liq qondirishga qodir emas.

**Maqsad va vazifalar.** Ushbu muammolarni hal qilish uchun eng samarali yechim elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish hisoblanadi. Raqamli boshqaruv tizimlarini joriy etish elektr ta'minotining ishonchlilagini oshirish, energiya isroflarini kamaytirish va tarmoq holatini real vaqt rejimida monitoring qilish imkonini beradi [3]. Bunday yondashuv O'zbekiston Respublikasining "Raqamli O'zbekiston-2030" strategiyasi doirasida ham ustuvor yo'nalish hisoblanadi [4].

Maqolaning asosiy maqsadi O'smat shaharchasidagi elektr ta'minot tarmog'ini zamонавиу raqamli texnologiyalar asosida takomillashtirish imkoniyatlarini o'rganish va tegishli tavsiyalarni ishlab chiqishdan iborat. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadiga muvofiq quyidagi vazifalar belgilab olindi:

1. O'smat shaharchasidagi elektr ta'minot tarmog'i va podstansiyasining hozirgi texnik holatini o'rganish va tahlil qilish;
2. Elektr ta'minot tizimidagi asosiy muammolarni aniqlash va ularning sabablarini o'rganish;
3. Elektr istemolchilar yuklamasi dinamikasini tahlil qilish va kelajakdagi ehtiyojlarni prognoz qilish;
4. Elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish bo'yicha zamонавиу yondashuvlar va texnologiyalarni o'rganish;
5. O'smat shaharchasi sharoitida raqamli boshqaruv tizimlarini joriy etish imkoniyatlarini baholash;

**Metodologiya.** Tadqiqot metodologiyasi sifatida tizimli yondashuv qo'llanilgan bo'lib, unga ko'ra O'smat podstansiyasi va elektr ta'minot tarmog'i yaxlit tizim sifatida o'rganilgan. Mambetov va Ergashev [5] tomonidan olib borilgan tadqiqotda qishloq joylarida elektr tarmoqlarini raqamlashtirish orqali energiya samaradorligini 15-20% ga oshirish mumkinligi ko'rsatilgan. Shuningdek, Abdullaev va boshqalar [6] tomonidan o'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, elektr

tarmoqlarini monitoring qilish tizimlarini joriy etish nosozliklarni 70% gacha kamaytiradi.

Xorijiy tadqiqotlarda ham elektr tarmoqlarini raqamlashtirish bo'yicha muhim natijalar qayd etilgan. Xususan, Erol-Kantarci va Mouftah [7] tomonidan taklif etilgan Smart Grid konsepsiysi elektr tarmoqlarini boshqarishda raqamli texnologiyalardan foydalanishning samarali yo'llarini ko'rsatib bergan. Bu kontseptsiya elektr ta'minotini isloq qilishda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Rossiyalik olimlar Voropay va Stennikov [8] tomonidan ishlab chiqilgan integratsiyalashgan energiya tizimlari modellarida raqamli transformatsiyaning muhim jihatlari ko'rsatilgan. Ushbu modellar elektr tarmoqlarini real vaqt rejimida boshqarish va monitoring qilish imkonini beradi.

Elektr ta'minot tarmog'ining raqamlashtirish jarayonida quyidagi asosiy komponentlar nazarda tutiladi:

1. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) tizimlarini joriy etish;
2. Aqli hisoblagichlar (Smart meters) o'rnatish;
3. Raqamli transformatorlar va kommutatsiya qurilmalarini qo'llash;
4. Ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash va tahlil qilish uchun bulutli texnologiyalardan foydalanish;
5. Nosozliklarni oldindan aniqlash va bartaraf etish uchun sun'iy intellekt algoritmlarini qo'llash.

**Natijalar.** O'smat podstansiyasi va elektr ta'minot tarmog'ining holatini o'rganish natijasida bir qator muammolar aniqlandi. Podstansiya 1970 yilda qurilgan bo'lib, quvvati 10000 va 16000 kVA li ikkita transformator bilan jihozlangan. Asosiy muammo shundaki, podstansiyadagi uskunalarning aksariyati o'z resursini ishlatib bo'lgan va zamonaviy talablarga javob bermaydi. KSO-272 tipidagi yacheykalar, VM-35 tipidagi katta hajmli moy o'chirgichlar, RVN110 va RVN35 tipidagi razryadlagichlar ham eskirgan holda. Mamarasulova o'z bitiruv malakaviy ishida ko'rsatganidek, bu holat elektr ta'minotining buzilishi, energiya isroflari va xizmat ko'rsatish xarajatlarining oshishiga olib kelmoqda [2].

Elektr iste'molchilar yuklamasi bilan bog'liq ma'lumotlarni tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, so'nggi yillarda podstansiyadan elektr energiyasi bilan ta'minlanadigan fiderlar yuklamasi sezilarli darajada oshgan. 2022-2023-yillar oralig'ida "Markaz" fideri yuklamasi 40 dan 55 kVA ga, "Jarbuloq" fideri 30 dan 45 kVA ga, "O'smat" fideri 60 dan 85 kVA ga va "Olomon" fideri 40 dan 55 kVA ga oshgan. Bu esa o'rtacha 35-40% o'sishni ko'rsatadi. Bundan tashqari, yaqin kelajakda qurilishi rejalashtirilgan yangi obyektlar (aholi turar joylari, maktablar, sanoat korxonalari) tufayli elektr energiyasiga bo'lgan talab yanada oshishi prognoz qilinmoqda.

## 1.1-jadval.

## «O'smat» podstansiyasida elektr ise'molchilarning 2022 va 2023-yillardagi yuklamasi haqidagi ma'lumotlar

T/R	Fiderning nomi	Istemolchilar yuklamasi	
		2022 yil	2023 yil
1	Markaz	40	55
2	Jarbuloq	30	45
3	O'smat	60	85
4	Olomon	40	55

Elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish uchun O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston-2030" strategiyasi doirasida belgilangan vazifalarga asoslanish muhim ahamiyatga ega [4]. Ushbu strategiyada energetika obyektlarini raqamlashtirish ustuvor yo'nalishlardan biri sifatida belgilangan. Mambetov va Ergashev tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda qayd etilganidek, qishloq joylarda elektr tarmoqlarini raqamlashtirish orqali energiya samaradorligini 15-20% ga oshirish mumkin [5]. Bu O'smat shaharchasi uchun ham dolzarb ahamiyatga ega, chunki hozirgi kunda elektr energiya isroflari me'yordan yuqori. Shuningdek, Abdullaev va boshqalarning tadqiqotlari natijalariga ko'ra, elektr tarmoqlarini monitoring qilish tizimlarini joriy etish nosozliklarni 70% gacha kamaytirishi mumkin, bu esa elektr ta'minotining ishonchlilagini sezilarli darajada oshiradi [6].

O'smat podstansiyasini raqamlashtirish jarayonida birinchi navbatda eskirgan uskunalarni zamonaviy raqamli qurilmalar bilan almashtirish muhimdir. VM-35 tipidagi katta hajmli moy o'chirgichlarni kichik hajmli vakuumli yoki elegazli o'chirgichlar bilan almashtirish ularning ishonchliligi va xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirishga imkon beradi. Qodirov va Toshpo'latov ta'kidlaganidek, mikroprotsessorli himoya relelarini o'rnatish orqali himoya tizimining ishonchliligi va selektivligini oshirish, shuningdek, nosozliklarni tezroq aniqlash va bartaraf etish mumkin [9].

Raqamli podstansiya konsepsiyasini joriy etish elektr ta'minot tarmog'ining barcha parametrlarini real vaqt rejimida monitoring qilish va boshqarish imkonini beradi. Erol-Kantarci va Mouftah tomonidan taklif etilgan Smart Grid konsepsiysi elektr tarmoqlarini boshqarishda raqamli texnologiyalardan foydalanishning samarali yo'llarini ko'rsatib bergan [7]. Bu konsepsiya asosida elektr ta'minot tarmog'ini isloh qilish uzlucksiz elektr ta'minotini ta'minlash va energiya isroflarini kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Smart Grid texnologiyasi elektr ta'minot tarmog'ining barcha elementlari - generatsiya, uzatish, taqsimlash va iste'mol qilish

orasida ikki tomonlama axborot almashinuvini tashkil etish orqali energiya tizimlarini yanada samarali boshqarishga imkon beradi.

O'zbekiston Respublikasi elektr energetikasi tarmog'ini isloh qilish strategiyasida ham elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish muhim yo'nalish sifatida belgilangan [1]. Strategiyada elektr tarmoqlarini monitoring qilish va boshqarish tizimlarini joriy etish, energiya hisobi tizimini takomillashtirish, shuningdek, ishlab chiqarish va uzatish jarayonlarida yuqori texnologiyalarni qo'llash orqali energiya samaradorligini oshirish ko'zda tutilgan. O'smat shaharchasidagi elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish bu strategiyaning amaliy ijrosi bo'lib xizmat qiladi.

O'smat shaharchasidagi iste'molchilarini aqli hisoblagichlar bilan ta'minlash elektr energiyasi iste'molini masofadan monitoring qilish va boshqarish imkonini beradi. Bu esa elektr energiyasi isroflarini kamaytirish, noqonuniy ulanishlarni aniqlash va tarif tizimini optimallashtirish imkonini beradi. Alimukhamedov ta'kidlaganidek, aqli hisoblagichlar orqali elektr energiyasi iste'molini 10-15% ga optimallashtirish mumkin [10]. Aqli hisoblagichlar iste'molchilarga real vaqt rejimida o'z energiya sarfini nazorat qilish va boshqarish imkonini beradi, bu esa energiya tejamkorlik madaniyatini shakllantirish uchun ham muhimdir.

Elektr tarmoqlarini avtomatlashtirish orqali nosozliklarni avtomatik ravishda aniqlash va lokalizatsiya qilish, shuningdek, elektr ta'minotini tezda tiklash mumkin. Avtomatlashtirilgan seksiyalash punktlari va avtomatik qayta ulanish qurilmalari o'rnatish orqali elektr ta'minotining uzilish vaqtini kamaytirishga erishiladi. Rossiyalik olimlar Voropay va Stennikov tomonidan ishlab chiqilgan integratsiyalashgan energiya tizimlari modellari elektr tarmoqlarini boshqarishda innovatsion yondashuvlarni taklif etgan [8]. Bu modellar elektr ta'minot tarmog'ini real vaqt rejimida boshqarish va monitoring qilish hamda energiya resurslaridan samarali foydalanish imkonini beradi.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) tizimlarini joriy etish orqali podstansiya va elektr ta'minot tarmog'ini masofadan turib monitoring qilish va boshqarish imkoniyati yaratiladi. Bu esa dispatcherlarga elektr ta'minot tarmog'idagi barcha jarayonlarni real vaqt rejimida kuzatish va nazorat qilish imkonini beradi. Natijada elektr ta'minotidagi muammolarni tezda aniqlash va bartaraf etish, tarmoqning barqaror ishlashini ta'minlash mumkin. SCADA tizimi podstansiyadagi asosiy parametrlar - kuchlanish, tok, quvvat, chastota va boshqa ko'rsatkichlarni monitoring qilish uchun kerakli ma'lumotlarni yig'adi va uzatadi. Bu ma'lumotlar asosida elektr energiyasining sifati va uzatish samaradorligini baholash hamda kerakli choralarni ko'rish mumkin.

Elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish jarayonida bulutli texnologiyalar va sun'iy intellekt algoritmlaridan foydalanish ham muhim ahamiyatga ega. Bulutli platformalar katta hajmdagi ma'lumotlarni saqlash va qayta ishslash imkonini beradi, sun'iy intellekt algoritmlari esa bu ma'lumotlar asosida elektr tarmoqlarining holatini tahlil qilish, nosozliklarni oldindan bashorat qilish va elektr energiyasi

iste'molini optimallashtirishga xizmat qiladi. Bashoratli tahlil tizimlari yordamida uskunalarining buzilish ehtimolini oldindan aniqlash va ularni rejalashtirilgan ta'mirlash ishlari davrida almashtirish mumkin, bu esa uskuna ishdan chiqishi natijasida yuzaga keladigan qimmat ta'mirlash ishlaridan qochishga imkon beradi.

O'smat shaharchasining elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish bir necha bosqichda amalga oshirilishi mumkin. Birinchi bosqichda podstansiyadagi asosiy uskunalarini almashtirish va SCADA tizimini o'rnatish, ikkinchi bosqichda aqli hisoblagichlarni o'rnatish va elektr tarmoqlarini avtomatlashtirish, uchinchi bosqichda esa bulutli texnologiyalar va sun'iy intellekt algoritmlarini joriy etish rejalashtirilishi mumkin. Bu bosqichma-bosqich yondashuv investitsiyalar samaradorligini oshiradi va har bir bosqichda erishilgan natijalarni baholash imkonini beradi.

Raqamli boshqaruv tizimlarini joriy etish orqali kutilayotgan samaralardan yana biri - bu xodimlar xavfsizligini oshirishdir. Masofadan boshqarish va monitoring qilish tizimlarini joriy etish orqali xodimlarning xavfli sharoitlarda ishslash vaqtini kamaytirish mumkin. Shuningdek, raqamli boshqaruv tizimlari elektr ta'minot tarmog'idagi jarayonlarni standartlashtirish va avtomatlashtirish imkonini beradi, bu esa inson omili tufayli yuzaga keladigan xatolarni kamaytiradi.

Iqtisodiy samaradorlik nuqtai nazaridan, O'smat shaharchasidagi elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish investitsiyalarining o'zini qoplash muddati 5-7 yilni tashkil etishi kutilmoqda. Bu raqamlashtirish loyihasi uchun ajratilgan investitsiyalarining samaradorligini ta'minlaydi. Shuningdek, energiya isroflarining kamayishi, elektr energiyasi sifatining yaxshilanishi va tarmoqning ishonchliligi oshishi natijasida uzoq muddatli iqtisodiy samara ham ta'minlanadi.

Elektr ta'minot tarmoqlarining raqamli boshqaruvini joriy etishda asosiy e'tibor real vaqt ma'lumotlariga asoslangan qaror qabul qilish tizimlariga qaratilishi lozim. Baxmal tumani sharoitida, ayniqsa qishloq joylarida elektr energiyasi iste'molining mavsumiy o'zgarishlarini hisobga olish muhimdir. Yozda sug'orish tizimlarining, qishda esa isitish qurilmalarining keng qo'llanilishi yuklamaning sezilarli darajada o'zgarishiga olib keladi. Raqamli boshqaruv tizimlari bunday o'zgarishlarni prognoz qilish va tarmoq konfiguratsiyasini tegishli ravishda moslashtirish imkonini beradi.

O'smat shaharchasida quyosh energiyasi va boshqa qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish istiqbollarini ham ko'rib chiqish maqsadga muvofiqdir. Raqamli boshqaruv tizimlari an'anaviy va qayta tiklanuvchi energiya manbalari orasidagi muvozanatni optimal saqlash, elektr energiyasi ishlab chiqarish va iste'mol qilish orasidagi farqlarni boshqarish imkonini beradi. Baxmal tumanining geografik joylashuvi va iqlim sharoiti quyosh elektr stansiyalarini o'rnatish uchun qulay hisoblanadi, bu esa elektr ta'minot tarmog'ini yanada diversifikatsiya qilish imkonini beradi.

Elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish jarayonida aholi va biznes vakillarining bilim va ko'nikmalarini oshirish ham muhim ahamiyatga ega.

Zamonaviy raqamli texnologiyalardan samarali foydalanish uchun mutaxassislarini tayyorlash va malakasini oshirish zarur. Bu maqsadda maxsus o'quv dasturlari ishlab chiqish, seminarlar va treninglar o'tkazish maqsadga muvofiq. Shuningdek, raqamli texnologiyalarni joriy etish jarayonida xalqaro tajribadan foydalanish va xorijiy ekspertlarni jalb qilish ham muhimdir.

Raqamli boshqaruv tizimlarining yana bir muhim afzalligi - bu kelajakdagi kengaytirishlar va modernizatsiya uchun moslashuvchanlikdir. Tizim shunday loyihalanishi kerakki, yangi texnologiyalar va uskunalarni qo'shish oson bo'lsin. Modulli arxitektura orqali tizimning alohida qismlarini yangilash yoki kengaytirish imkoniyati ta'minlanadi, bu esa investitsiyalarning samaradorligini oshiradi va tizimning uzoq muddat davomida dolzarbligini ta'minlaydi.

Elektr ta'minot tarmog'ining raqamli transformatsiyasi jarayonida kiberxavfsizlik masalalariga ham alohida e'tibor qaratish zarur. Raqamli boshqaruv tizimlari tarmoqqa ulanadi va masofadan boshqariladi, bu esa ularni kiber hujumlarga nisbatan zaif qilishi mumkin. O'smat shaharchasidagi elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish loyihasida xavfsizlik protokollari, ma'lumotlarni shifrlash tizimlari va xavfsizlik monitoringini o'z ichiga olgan kompleks kiberxavfsizlik choralar ko'zda tutilishi kerak. Bu choralarsiz raqamli tizimlar o'zining potentsial afzalliklarini yo'qotishi, hatto tarmoq barqarorligiga tahdid solishi ham mumkin.

Elektr ta'minot tarmog'ini avtomatlashtirish va monitoring qilish bilan bir qatorda elektr energiyasi sifatini nazorat qilish va oshirish ham muhim vazifalardan biridir. Kuchlanish o'zgarishlari, garmoniya buzilishlari va boshqa sifat parametrlarining me'yordan chetga chiqishi zamonaviy elektron qurilmalarga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Raqamli boshqaruv tizimlari elektr energiyasi sifatini real vaqt rejimida monitoring qilish va muammolarni darhol aniqlash imkonini beradi. Zarur hollarda kompensatsiya qurilmalari va filtrlash tizimlarini avtomatik ravishda ishga tushirish orqali elektr energiyasi sifatini me'yoriy ko'rsatkichlarda ushlab turish mumkin.

Raqamli texnologiyalarni joriy etishda modellashtirish va simulyatsiya usullaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega. O'smat shaharchasidagi elektr ta'minot tarmog'ining raqamli modeli yaratilishi va turli rejimlar hamda favqulodda vaziyatlarda uning ishlashini oldindan baholash imkonini beradi. Bu esa muammolarni amalda yuzaga kelishidan oldin aniqlash va zarur chora-tadbirlarni ishlab chiqish imkonini beradi. Bunday yondashuv investitsiya qarorlarini qabul qilishda va tarmoqni modernizatsiya qilish rejalarini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega.

Elektr ta'minot tarmog'ining raqamli transformatsiyasi jarayonida atrof-muhitga ta'sirni ham hisobga olish zarur. Raqamli boshqaruv tizimlari energiya samaradorligini oshirish va isroflarni kamaytirish orqali CO<sub>2</sub> chiqindilarini kamaytirish, shuningdek, tabiiy resurslardan oqilona foydalanishga hissa qo'shadi. Bu esa 2030 yilgacha bo'lgan davrda O'zbekistonning barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishda muhim ahamiyatga ega. Shuningdek, raqamlashtirish

loyihasini amalga oshirishda energiyani saqlash tizimlari va qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiyalashgan yondashuv qo'llanilishi kerak.

Elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish, shuningdek, O'smat shaharchasini "Aqli shahar" konsepsiysi doirasida rivojlantirish imkonini beradi. Raqamli elektr tarmoqlari "Aqli shahar" infratuzilmasining muhim qismi hisoblanib, aqli transport tizimlari, aqli binolar, aqli ko'cha yoritish tizimlari va boshqa komponentlar bilan integratsiyalashtirilishi mumkin. Bu esa shaharcha infratuzilmasining samaradorligini yanada oshirish, aholi turmush sifatini yaxshilash va shaharning barqaror rivojlanishiga hissa qo'shish imkonini beradi.

Xulosa qilib aytganda, O'smat shaharchasidagi elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish zamonaviy raqamli texnologiyalarni joriy etish orqali elektr ta'minotining sifatini va ishonchlilagini oshirish, energiya samaradorligini yaxshilash va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi. Bu esa, o'z navbatida, aholi turmush darajasini oshirishga, ishlab chiqarish korxonalarini samaradorligini yaxshilashga va umuman, iqtisodiy rivojlanishga hissa qo'shadi.

**Xulosa.** O'smat shaharchasining elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. O'tkazilgan tadqiqot natijalaridan ko'rinish turibdiki, bu zaruriyat bir necha omillar bilan bog'liq. Birinchidan, o'tgan asrning 70-yillarda qurilgan podstansiya va elektr ta'minot tarmog'idagi uskunalar jismoniy va moraliy jihatdan eskirgan bo'lib, zamonaviy talablarga javob bermaydi. VM-35 tipidagi katta hajmlı moy o'chirgichlar, KSO-272 tipidagi yacheykalar, kabel va havo liniyalari o'z resursini deyarli ishlatib bo'lgan. Ikkinchidan, elektr energiyasiga bo'lgan talab muntazam ravishda o'sib bormoqda. So'nggi ikki yil ichida asosiy fiderlar yuklamasi o'rtacha 35-40% ga oshgan, yaqin kelajakda esa yangidan quriladigan obyektlar tufayli bu ko'rsatkich yanada oshishi kutilmoqda.

Tadqiqot davomida taklif etilgan elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish konsepsiysi bir necha asosiy yo'nalishlarni o'z ichiga oladi. Bular raqamli podstansiya konsepsiyasini joriy etish, SCADA tizimini o'rnatish, aqli hisoblagichlarni qo'llash, elektr tarmoqlarini avtomatlashtirish, bulutli texnologiyalar va sun'iy intellektidan foydalanishdir. Bu yo'nalishlar kompleks tarzda amalga oshirilganda, elektr ta'minoti tizimining samaradorligi va ishonchliligi sezilarli darajada oshadi.

Taklif etilgan raqamlashtirish loyihasi natijasida bir qator muhim samaralar kutilmoqda. Elektr ta'minotining ishonchliligi oshishi hisobiga uzilishlar soni va davomiyligi kamayadi, bu esa ayniqsa sanoat korxonalarini va ijtimoiy ahamiyatga molik obyektlar (shifoxonalar, maktablar) uchun juda muhimdir. Elektr energiyasi sifati yaxshilanishi natijasida zamonaviy qurilma va jihozlar uzlusiz va samarali ishlaydi. Energiya samaradorligining oshishi va isroflarning kamayishi hisobiga iqtisodiy samara yuzaga keladi, bu esa energiya tashuvchilar narxining oshishi sharoitida juda muhimdir.

Tadqiqot natijalarini amaliyotga tafsiyalar ishlab chiqildi:

1. O'smat podstansiyasini zamonaviy raqamli qurilmalar bilan jihozlash bo'yicha investitsiya loyihasini ishlab chiqish;
2. Elektr ta'minot tarmog'ini bosqichma-bosqich modernizatsiya qilish rejasini tuzish;
3. Raqamli podstansiya konsepsiyasini joriy etish uchun zamonaviy uskunalar va texnologiyalarni tanlash;
4. Elektr tarmoqlarini avtomatlashtirish uchun kerakli texnik va dasturiy ta'minotni aniqlash;
5. Mutaxassislarini raqamli elektr tarmoqlarini boshqarish bo'yicha o'qitish dasturini ishlab chiqish;
6. Raqamlashtirish loyihasini amalga oshirish uchun moliyaviy manbalarni aniqlash.

O'smat shaharchasining elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish tajribasi respublikamizning boshqa hududlarida ham qo'llanilishi mumkin. Bu esa elektr energetika sohasini zamonaviylashtirish va raqamli iqtisodiyotni rivojlantirishga katta hissa qo'shamdi. Shunday qilib, elektr ta'minot tarmog'ini raqamlashtirish nafaqat texnik, balki iqtisodiy va ijtimoiy masala ham hisoblanadi, chunki u aholi turmush darajasini oshirish, biznes rivojlanishi uchun qulay sharoit yaratish va ekologik vaziyatni yaxshilashga yordam beradi.

Raqamli texnologiyalarning rivojlanishi va ularning elektr energetika sohasida qo'llanilishi kelajakda yanada keng ko'lamli o'zgarishlarga olib kelishi mumkin. Smart Grid konsepsiysi asosida qurilgan raqamli elektr tarmoqlari esa yanada samaraliroq, ishonchliroq va ekologik jihatdan toza energetika tizimini yaratish imkonini beradi. O'smat shaharchasida boshlangan raqamlashtirish jarayoni bu yo'nalishdagi muhim qadamlardan biri bo'lib xizmat qiladi.

## Foydalilanigan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "2019-2023-yillarda O'zbekiston Respublikasi elektr energetikasi tarmog'ini isloh qilish strategiyasi to'g'risida"gi PF-5544-sonli Farmoni, 1 fevral 2019 yil.
2. Mamarasulova, G.Sh. (2024). "Baxmal tumanidagi O'smat shaharchasining elektr ta'minot tarmog'ini takomillashtirish". Bitiruv malakaviy ishi. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti.
3. Xakimov, Sh.S. (2021). "Elektr tarmoqlarini raqamlashtirish – energetika tizimini takomillashtirishning zamonaviy yo'nalishi". O'zbekiston energetikasi jurnali, 3(45), 78-86.
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston-2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-6079-sonli Farmoni, 5 oktyabr 2020-yil.
5. Mambetov, A. & Ergashev, K. (2022). "Qishloq joylarda elektr ta'minoti tizimlarini raqamlashtirishning samaradorligi". Fan va texnologiyalar taraqqiyoti, 4(2), 112-120.

6. Abdullaev, Z.S., Normatov, I.H., & Hasanov, M.A. (2023). "Elektr tarmoqlarini monitoring qilish tizimlarini joriy etish orqali nosozliklarni kamaytirish". Energiya va resurslarni tejash muammolari, 2(3), 45-53.
7. Erol-Kantarci, M., & Mouftah, H.T. (2015). "Energy-efficient information and communication infrastructures in the smart grid: A survey on interactions and open issues". IEEE Communications Surveys & Tutorials, 17(1), 179-197.
8. Voropay, N.I., & Stennikov, V.A. (2018). "Integrated energy systems – The paradigm of the present and future development of energy industry". Power Technology and Engineering, 52(3), 258-266.
9. Qodirov, D.B. & Toshpo'latov, N.T. (2022). "Elektr tarmoqlarini raqamlashtirish va mikroprotsessorli himoya relelarini joriy etish". Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti to'plami, 3(2), 89-97.
10. Alimukhamedov, N.E. (2023). "Elektr tarmoqlarida intellektual boshqaruva tizimlarini joriy etish istiqbollari". Muhandislik va texnologiya ilmiy jurnali, 5(4), 154-162.

**UDK. 326.456**

## **PAXTA TEXNIK CHIGITI NAMLIGINI KAMAYTIRISH JARAYONINI IMITASION MODELLASHTIRISH VA UNI TAHLILI**

**Matchonov Oybek Qo‘chqorovich** - “TIQXMMI” MTU “Elektrotexnologiya va elektr uskunalar ekspluatatsiyasi” kafedrasi dotsenti, o.matchonov@tiiame.uz

**Baltabayev Baxadir Zaxidjon o‘g‘li** - “TIQXMMI” MTU tayanch doktoranti, b\_baltabayev@tiiame.uz

**Annotasiya:** Paxta texnik chigit namligini standart talablari bo‘yicha kamaytirish uchun elektr kontaktli qizitish usuli qo’llanilgan. Elektr kontaktli ishllov berish orqali texnik chigit namligini kamaytirish jarayoni eksperimental tadqiq etilgan. Yuqoridaq ifodalar va uzatish funksiyalaridan foydalanib elektr kontaktli qizitish va konvektiv shamollatish ta’sirida chigitni namligini kamaytirish kamerasida chigit qatlqidagi issiqlik va massa almashinuv jarayonlarining kompyuterda imitasjon modeli yaratildi. Imitasion model Simulink dasturidan foydalanib ishlab chiqildi.

**Kalit so‘zlar:** Texnik chigit, namlik, elektr kontaktli qizitish, quritish, konvektiv shamollatish, issiqlik, massa, imitasjon model, Simulink.

**Аннотация:** Для снижения влажности технического хлопкового семени в соответствии со стандартными требованиями использован метод электрического контактного нагрева. Экспериментально исследован процесс уменьшения влажности технического хлопкового семени посредством электрического контактного воздействия. На основе вышеуказанных выражений и передаточных функций разработана

имитационная компьютерная модель процессов тепло- и массообмена в слое семян внутри камеры снижения влажности под воздействием электрического контактного нагрева и конвективной вентиляции. Имитационная модель была разработана с использованием программного обеспечения *Simulink*.

**Ключевые слова:** Техническое хлопковое семя, влажность, электрический контактный нагрев, сушка, конвективная вентиляция, тепло, масса, имитационная модель, *Simulink*.

**Annotation:** To reduce the moisture content of technical cotton seeds according to standard requirements, the electric contact heating method was applied. The process of reducing the moisture content of technical cotton seeds through electric contact treatment was experimentally studied. Based on the above expressions and transfer functions, a computer simulation model of heat and mass transfer processes in the seed layer inside the moisture reduction chamber under the influence of electric contact heating and convective ventilation was developed. The simulation model was created using Simulink software.

**Keywords:** Technical cotton seed, moisture, electric contact heating, drying, convective ventilation, heat, mass, simulation model, *Simulink*.

## Kirish

Eksperimental tadqiqotlarni o'tkazishda o'rganilayotgan jarayon haqida kerakli ma'lumotlarni eksperimental o'tkazishga kam vaqt va mehnat sarflab erishish uchun tadqiqotlarni matematik rejalshtirish metodikasi qo'llaniladi. Eksperiment tadqiqot oldiga tashqi ta'sirlar va ob'ekt parametrlarini ishlov berish sifati bilan bog'lovchi jarayonning imitasjon modelini qurish vazifasi qo'yiladi.

Jarayonning imitasjon modelini tuzish uchun qo'yilgan talablarni hisobga olgan holda, faktorlarni aniqlash kerak va ularni variasiyalanish oraliqlari belgilanadi.

Adabiyotlar tahlillari va oldindan olingan tadqiqotlar natijasida nam chiqish jarayoniga bir nechta faktorlar ta'sir qiladi, shulardan asosiyları: shnekli aylanish tezligi ( $X_1$ ), havo tezligi ( $X_2$ ) va List harorati ( $X_3$ ). Texnik chigit biologik ob'ekt bo'lib, uning namligini kamaytirishda chigit qatlami ko'rsatkichi doimiy o'zgaruvchan bo'lib, ushbu qatlam ko'rsatkichini nazorat qilmasdan yoki o'zgarmas kattalikka kelishini hisobga olmasdan natijaga erishib bo'lmaydi. Bu o'z navbatida samaradorlikka salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Paxta texnik chigit namligini kamaytirishda "tashqi muhit" – "paxta texnik chigit qatlami" – "nazorat vositasi" o'zaro bog'liqligini kuzatish orqali qanday ko'rsatkichlarni nazorat qilish kerakligini aniq belgilash mumkin. Ushbu ko'rsatkichni jaryon vaqtida "texnik chigit qatlami" - nazorat ob'ekti (NO) sifatida aniqlash kerak. Shu nuqtai nazardan, turli jarayonlarda, ya'ni saqlash uchun qayta ishlanyotgan yoki namligi kamaytirilayotgan texnik chigit qatlamiga ta'sir ko'rsatish bir-biridan farq qiladi. Bunda havoning harorat ko'rsatkichi katta ahamiyatga ega bo'lib, texnik chigit qatlamiga ta'sir jarayonining davomiyligi bilan bog'liqdir. Bunda texnik chigit namligi kamaytirish asosiy maqsad hisoblanadi.

Shuning uchun, bundan keyin texnik chigit qatlamidan chiqayotgan havoning muvozanat namligi emas, balki namlikni kamaytirish agenti ko'rsatkichi bo'yicha olingan namlikka ( $W_{q.a.}$ ) asosiy e'tiborni qaratamiz. Namlikni kamaytirish agentining kirishdagi ko'rsatkichi hisoblanadi va texnik chigit namligining kamayishini ta'minlashda xizmat qilganligi uchun havoning kirish namligi deb ataladi.

Texnik chigitning namligini kamaytirish jarayonida namlikni kamaytirishni hisoblashning eng qulay usuli sifatida, issiqlik va massa almashinuvining sodda mexanizmiga asoslangan kontaktli qizdirish usulidan foydalilanadi. Namlikni kamaytirish jarayoni quyidagi tenglamalar tizimi bilan tavsiflanadi [5,6,9]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + 3600V \cdot \frac{\partial t}{\partial x} = \frac{-\gamma_3 \cdot C_3}{\gamma_B \cdot C_B} \cdot \frac{\partial Q}{\varepsilon \cdot \partial \tau} - \frac{\gamma_3 \cdot r'}{\gamma_B \cdot C_B \cdot \varepsilon} \cdot \frac{\partial W}{\partial \tau \cdot 100}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + 3600V \cdot \frac{\partial t}{\partial x} = \frac{-\alpha_q \cdot S_V}{\gamma_B \cdot C_B \cdot \varepsilon} \cdot (t - Q); \quad (2)$$

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = \frac{-\gamma_B \cdot \varepsilon}{10 \cdot \gamma_3} \cdot \left( \frac{\partial d}{\partial \tau} + 3600V \cdot \frac{\partial d}{\partial x} \right); \quad (3)$$

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = -K \cdot (W - W_P), \quad (4)$$

## 2. Tadqiqotlar metodikasi

Tajribalar sonini kamaytirish va aniqligini oshirish, jarayonning matematik tavsiflari tenglamalarini olish va tadqiqotning optimal sohasida rejim parametrlarini o'rnatish uchun biz tajribalarni rejalashtirish matematik nazariyasidan foydalangan holda ish olib bordik.

Paxta texnik chigit qatlamida namlikni kamaytirishning bosqichma-bosqich usuli elementar qatlamni namlikni kamaytirish jarayonida namlik va haroratning vaqt bo'yicha o'zgarishini ketma-ket hisoblashga asoslangan. Hisoblash shaxsiy kompyuter yordamida amalga oshirilgan bo'lib, tartibi quyidagicha:

### 1. Yupqa qatlam sonini hisoblash

$$n_P = \frac{H \cdot \gamma_3}{60 \cdot V \cdot \gamma_B}; \quad (5)$$

bunda  $N$  – qalin qatlam balandligi (qalinligi), m.

### 2. Namlikni kamaytirish doimiyligini hisoblash

$$A = \frac{C_3}{102 \cdot C_B \cdot \Delta \tau + 0,5 \cdot C_3}; \quad (6)$$

$$B = \frac{0,01 \cdot r'}{102 \cdot C_B \cdot \Delta \tau + 0,5 \cdot C_3}; \quad (7)$$

bunda  $\Delta \tau$  – taxmin qilingan vaqt oralig'i, ch.

### 3. Namlikni kamaytirish koeffisentini hisoblash

$$K = 5,55 \cdot \left( \frac{t_{ji}}{100} \right)^2 - 0,796 \cdot \frac{t_{ji}}{100}; \quad (8)$$

bunda  $i$  – yupqa qatlam raqami;  $j$  – vaqt oralig'i soni.

### 4. Namlikni kamaytirish agenti namligini hisoblash, %:

$$F_{j,i} = \frac{745d_{j,i}}{(622+d_{j,i}) \cdot 10^{0,622+7,5 \cdot \frac{t}{238} + t}}; \quad (9)$$

## 5. Namlikni kamaytirish agenti muvozanat namligini hisoblash

$$W_{Pj,i} = \left[ \frac{\ln(1/(1-F_{Pj,i}))}{5,45 \cdot 10^{-6} \cdot (t+273)} \right]^{0,435}; \quad (10)$$

## 6. Texnik chigit qatlami namligini hisoblash

$$W_{j,i} = W_{j-1,i} - K(W_{j-1,i} - W_{Pj,i}) \cdot \Delta\tau; \quad (11)$$

## 7. Texnik chigit qatlamidan chiqayotgan namlikni kamaytirish agentining haroratini hisoblash

$$t_{j,i} = (1 - A) \cdot t_{j,i-1} + A \cdot Q_{j-1,i} - B(W_{j-1,i} - W_{Pj,i}) \cdot \Delta\tau; \quad (12)$$

## 8. Namlikni kamaytirish agentini namlik darajasini hisoblash

$$d_{j,i} = d_{j,i-1} + \frac{K}{10,2} \cdot (W_{j-1,i} - W_{Pj,i}) \quad (13)$$

## 9. Texnik chigit qatlami haroratini hisoblash

$$Q_{j,i} = \frac{t_{j,i-1} + t_{j,i}}{2}; \quad (14)$$

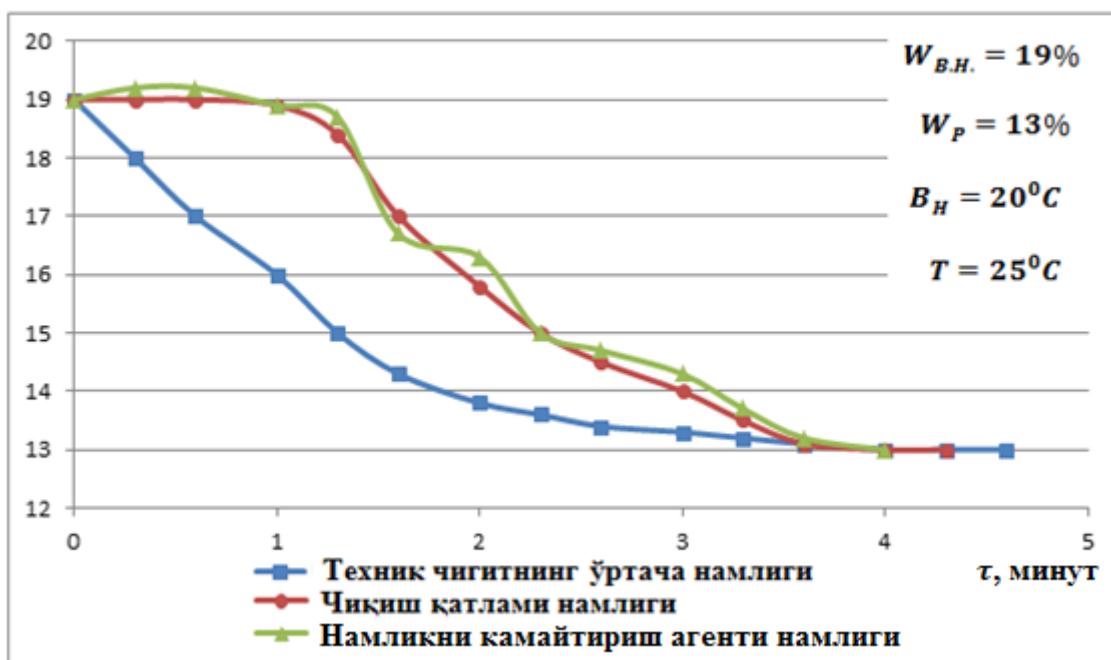
## **3 Natijalar va Muhokamalar**

Texnik chigit namligini kamaytirish uchun elektr kontaktli qizitishdan foydalanishda texnik chigit va namlikni kamaytirish agentining harorati va namligining boshlang‘ich qiymatlari quyidagi kombinasiyasi qabul qilindi:

- havoning chiqish namligi  $W_H = 19\%$ ,  $W_H = 22\%$  va harorati  $20^{\circ}\text{C}$ , havo harorati  $T=25^{\circ}\text{C}$  va muvozanat namligi  $13\%$ .

Namlikni kamaytirish agenti ko‘rsatkichi bo‘yicha olingan namlik ( $W_{q.a.}$ ) o‘zgarishi o‘rtacha. Butun qatlamning o‘rtacha namlik va faol quritish rejimida olingan natijalari 1 va 2-rasmlarda keltirilgan.

$W_3, W_{q.a.} \%$

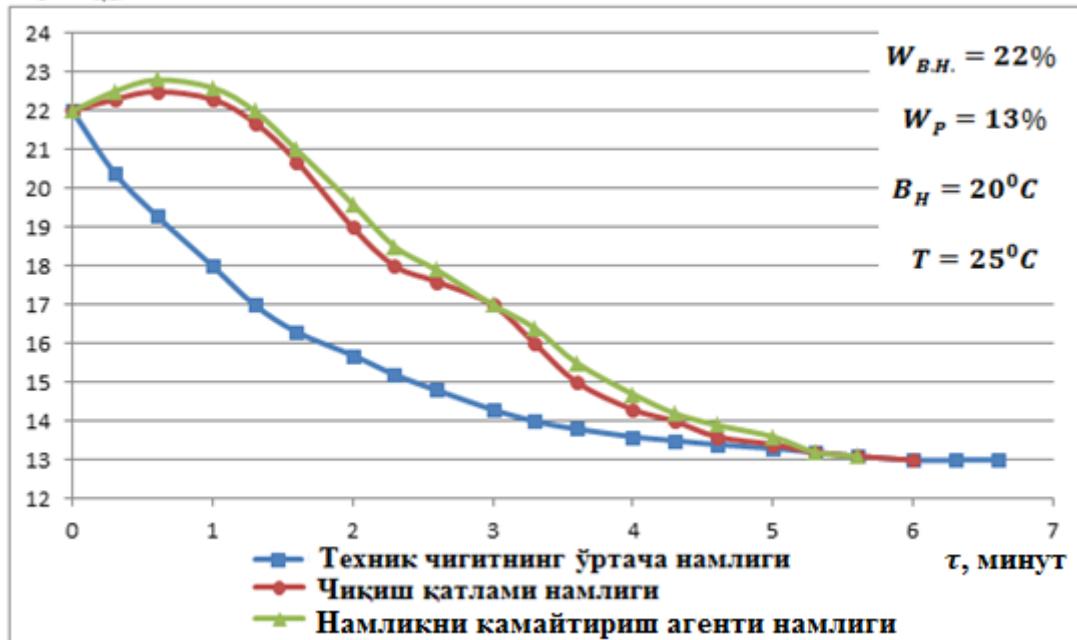


1-rasm. Namlik 19% bo‘lganda modellashtirish natijasi.

Jarayonni modellashtirishda quyidagi shart qabul qilinadi: texnik chigit namligini kamaytirishning to‘liq jarayoni uchun havoning nisbiy namligi va harorati o‘zgarmas.

Tahlillar (1-rasm va 2-rasm) shuni ko‘rsatadiki texnik chigit qatlamanidan chiqayotgan namlikni kamaytirish agenti namligi  $W_{q.a.}$  xarakteristikasining o‘zgarishi texnik chigit qatlami namligi va o‘rtacha namlik xarakteristikalariga to‘liq mos keladi.

$W_3, W_{q.a.} \%$



## 2-rasm. Namlik 22% bo'lganda modellashtirish natijasi

Shunday qilib, texnik chigit namligining 22% gacha bo'lgan qiymatidan boshlab kamaytirish jarayoni davomida texnik chigit qatlamanidan o'tayotgan havoning ko'rsatkichlari to'liq nazorat qilinadi. Bundan ham aniq ma'lumot namlik 19% gacha bo'lgan qiymatdan kamaytirilganda olinadi. Ya'ni, yuqorida keltirilgangan shartlar doirasida texnik chigit namligini kamaytirish natijalarini olishda muvozanat namlik kattaliklarini to'lik qabul qilamiz.

Ushbu jarayonni modellashtirish namlikni kamaytirish agentining kirish ko'rsatkichlariga bog'lik ravishda amalga oshirilgan [10,11].

Namuna uchun noyabr oyi olingan bo'lib, kutilgan havoning harorati va nisbiy namligini matematik baholashning o'zgarish grafigi dastlabki ma'lumot tariqasida qabul qilingan. Bunda havoning nisbiy namligi va harorati o'zgarganda namlikni kamaytirish agenti harorati suniy ravishda rostlanadi. Shu bilan birgalikda namlikni kamaytirish jarayoni davomida havoning nisbiy namligi va harorati belgilangan me'yorda ushlab turiladi. Havoning kirish harorati  $10^{\circ}\text{C}$  ga oshirilsa nisbiy namlik 5% ga kamayadi.

Texnik chigit namligining kamayishi notekis jaryon bo'lib, chegara qatlamlardagi namlik farqi 0,9% dan oshmaydi.

## Xulosa

1. Imitasion model asosida paxta texnik chigit namligini elektr kontaktli usulda kamaytirish jarayonining matematik modellari va namlikni kamaytirish kamerasidan chiqishdagagi chigitning harorati va namligi aniqlandi.

2. Elektr kontaktli qizitish transformatorining parametrлари mavjud metodikalar asosida hisoblandi. Elektr kontaktli qizitish transformatorini quvvati berilgan harorat va texnik chigit namligini kamaytirish jarayonidagi qizitiladigan listning o'lchamlariga bog'liq ravishda hisoblandi. Chigit namligini kamaytirish uchun elektr kontaktli qizitish transformatorining to'la quvvati 698 VA, ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanish 0,39 V, ishchi toki 444 A bo'lishi kerakligi aniqlandi.

## Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Matchonov O.K., Xoliqnazarov O., Ikramov S. CHigit nobudgarchiligini kamaytirishda elektrotexnologik usullardan foydalanish // O'zbekiston qishloq xo'jaligi. – Toshkent, 2012. №3. – B. 49. (05.00.00. №8).

2. Matchonov O.Q., Salieva T. Elektrotexnologik ishlov berish bilan paxta texnik chigit namligini kamaytirish va saqlash muddatini uzaytirish // O'zbekiston agrar fani xabarnomasi. – Toshkent, 2018. №3(73). – B. 113-116. (05.00.00. №18).

3. Matchonov O.Q., Ibragimov M., Xoliqnazarov O., Texnik chigit namligini kamaytirishda konduktiv va konvektiv usullardan maqsadli foydalanish // O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi. – Toshkent, 2019. Maxsus son. – B. 46. (05.00.00. №8).

4. Matchonov O., Ibragimov M., Eshpulatov N.M., Nuraliyev S. Statics and kinetics of decreasing the moisture content of technical seeds // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology – India, 2020. – Vol.7. Issuye 2. – pp. 13025-13025. (05.00.00).

5. Matchonov O., To'xtamishev B. G'o'zaning texnik chigit namligini pasaytirishning texnologik xususyatlari //IRRIGATSIYA va MELIORATSIA. – Toshkent, 2020. №2(20) son. – B. 53. (05.00.00. №22).

6. Matchonov O.Q., Vaxidov A., Tadjibekova I. Standartizasiya texnicheskix semyan xlopchatnika – sovremennoe sostoyanie i razvitiye // Agrosanoat majmui tarmoqlarida innovation faoliyat samaradorligini oshirish muammolari: Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Toshkent, 3 mart, 2012. – B. 200-203.

7. Matchonov O.Q., Bayzakov T.M. Paxta chigitini sifat ko'rsatgichlarinii oshirishda energotejamkor elektrotexnologik usullardan foydalanish // Agrar soha tarmoqlarida elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish muammolari: Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Toshkent, 3 mart, 2015. – B. 202-204.

8. Matchonov O.Q., Ibragimov M. Paxta xom ashvosidan olinadigan texnik chigitni sifat ko'rsatkichini kombinasiyalashgan sun'iy quritish // Ishlab chiqarish korxonalarining energiya tejamkorlikgi va energiya samardorlik muammolarining echishda innovation texnologiyalarning axamiyati. Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Qarshi, 15 – 16 aprel, 2016. – B. 96.

9. Matchonov O.Q., Salieva T. Texnik chigit namligini kamaytirishda elektrotexnologik usullardan foydalanish // O'zbekiston respublikasi agrosanoat maxmuasi tarmoqlarida innovation boshqaruv faoliyatini modernizasiyalash varivojlantirish muammolari. Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Toshkent, 27 may, 2016. – B.156.

10. Matchonov O.Q., Tadjibekova I. Ispolzovanie matematicheskix modeley osenki i analiza svoystv produksii pervichnoy pererabotki xlolopka syrsa // Prioritetnye napravleniya razvitiya sovremennoy nauki molodых uchyonых agrariev. Materialы V-oy Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferensii molodых uchenykh, posvyashennyye 25-letiyu FGBNU «Prikaspiyskiy NII aridnogo zemledeliya». – Rossiya, s. Soleno Zaymišče, 11-13 may, 2016. – S.784-787.

11. Matchonov O.Q. Uluchshenie kachestvennykh pokazateley semyan xlopka syrsa s pomožču kombinirovannoy sushki // Nauchno- prakticheskie puti povyšeniya ekologicheskoy ustoy chivosti i sosialno ekonomicheskoe obespechenie selskoxozyaystvennogo proizvodstva. Mejdunarodnaya nauchno prakticheskaya konferensiya, posvyashchennaya godu ekologii v Rossii. – Rossiya, s. Soleno Zaymišče, 11 may, 2017. – S.783-783.

## **QAYTA TIKLANUVCHAN ENERGIYA MANBALI ELEKTR TARMOQLARDA REAKTIV QUVVATNI KOMPENSATSIYALASHNING ISROFLARNI KAMAYTIRISHGA TASIRI**

**Siddikov Ilkhomjon Khakimovicn** – texnika fanlari doktori, professor,  
[isiddikov.1954@gmail.com](mailto:isiddikov.1954@gmail.com), TIIAME NRU

**Mustofoyev G'anisher Bahodir O'g'li** – Assistant TIIAME NRU

**Annotatsiya.** Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv

energiyaning asosiy ko'rsatkichlaridan bo'lgan quvvatnining bir va uch fazali toklarini qat'iy o'rnatilgan sifatlarini belgilovchi, meyorlanganligini ta'minlovchi elektromagnit o'zgartkich qurilmalari, elementlar va vositalar hamda tuzilmalarini takomillashtirishga katta e'tibor qaratilmoqda. Ushbu yo'nalishda rivojlangan mamlakatlarning gibrild energiya manbali elektr tarmoqlarida bir va uch fazali reaktiv toklarni masofali o'lchov va nazorat uchun yuqori aniqlikni ta'minlovchi birlamchi elektromagnit o'zgartirgichlarning tuzilmalarini ishlab chiqish dolzarb hisoblanib, ularning qo'llanilishi va tuzilish tamoyillarini rivojlantirish, tadqiq etish va amaliyotga joriy qilish muhim ahamiyat kasb etadi.

**Kalit so'zlar.** Elektr ta'minoti, energiya manbalari, tarmoqlar, reaktiv quvvat, energiya tejamkorligi, qurilmalar, bir va uch fazali toklar, quvvat manbalari, birlamchi tok o'zgartirgich, elementlar, model, algoritm, dasturiy ta'minot.

2022 - 2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida «...iqtisodiyotni elektr energiyasi bilan uzlusiz ta'minlash hamda "Yashil iqtisodiyot" texnologiyalarini barcha sohalarga faol joriy etish, iqtisodiyotning energiya samaradorligini 20 foizga oshirish...»<sup>1</sup> vazifalari belgilangan. Mazkur vazifalarni bajarishda, jumladan gibrild energiya manbali elektr energiya tarmoqlar asosida elektr energiya bilan ta'minlashda reaktiv quvvatining bir va uch fazali toklarini masofali o'lchov va nazoratining aniqlilik, tezkorlik, ishonchlilik ko'rsatkichlarini ta'minlash talab qilinadi. Masofali o'lchov va nazoratda ma'lumotlarni yetkazib beruvchi elektromagnit o'zgartkich qurilmalarining tuzilishi, ishlash tamoyillarini ishlab chiqish muhim masalalardan biri hisoblanadi.

Gibrild energiya manbali elektr ta'minoti tizimi tarmoqlarining reaktiv toklarini masofali o'lchov va nazorati uchun o'zgartkich qurilmalarining tuzilish tamoyillari, signal o'zgartirish qurilmasi modellarini takomillashtirish va algoritmini ishlab chiqish hamda tadqiq etishdan iborat.

Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyakashning isroflarni kamaytirishga bo'yicha tadqiqotlarning asosiy vazifalari elektr tarmoqlari reaktiv quvvatining bir va uch fazali o'zgaruvchan toklarini masofali o'lchov va nazorati o'zgartkich qurilmalarini o'rganish, reaktiv toklar magnit oqimlarining o'zaro ta'sirlarini hisobga olib ikkilamchi signalni ta'minlovchi elektromagnit o'zgartkich qurilmasini tuzilishini yatatish; graf model qurish, o'zgartkich qurilmasining tadqiqot algoritmi va dasturini ishlab chiqishdan iborat.

ETlarida aktiv quvvat asosan markazlashgan elektr ta'minoti (MET) generatorlari va GEMlar tomonidan ishlab chiqilsa, reaktiv quvvat esa kosinusli kondensatorlar batareyalari, stantsianing generatorlari, sinxron kompensatorlar, sinxron yuritgichlar, liniyalar, tiristorli reaktiv quvvat manbalar tomonidan ishlab chiqiladi [3].

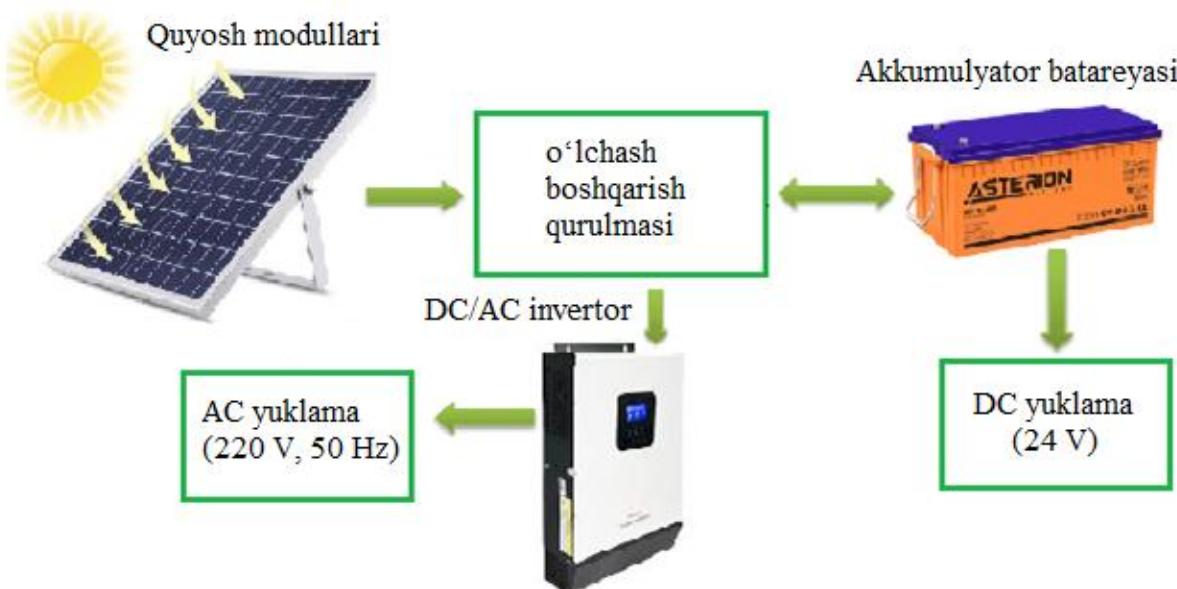
ETni loyixalashtirish jarayonida reaktiv quvvat koeffitsientining ko'rsatkichlarini yaxshilash maqsadga muvofiqdir. Iste'molchining reaktiv quvvat

<sup>1</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28-yanvardagi PF- 60- son "2022 – 2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni

koeffitsienti miqdorini elektr ta'minoti tizimi texnik – iqtisodiy ko'rsatkichlari belgilaydi, chunki reaktiv quvvatni kompensatsiyalash masalasi to'g'ri echish asosida iste'molchilar, elektr energiya uzatish tarmoqlari, elektr energiyani tarqatuvchi qurilmalar, transformatorlar, generatorlar va o'lchov va nazorat qurilmalarini o'z ichiga olgan ET ishining samaradorligi ta'minlanadi [4].

Quyosh energiya manbasi yarim o'tkazgichli materiallar asosida quyoshdan kelayotgan yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga o'zgartirishni taminlaydi. Quyosh energiya manbasi ishlab chiqgan elektr energetik qurilmalarini ta'minlash bilan bir qatorda energiya saqlash qurilmalarini ham taminlaydi. O'zgaruvchan tok iste'mol qiluvchi qurilmalari invertor orqali va o'zgarmas tok iste'mol qiladigan qurilmalar to'g'ridan-to'g'ri manbaga ulanadilar [3,9].

Quyosh energiya mandalati On-grid, Off-grid va Hybrid turlarida isjlaydi, energiya ta'minoti manbalardan birining ularish sxemasi 1-rasmda keltirilgan [11].



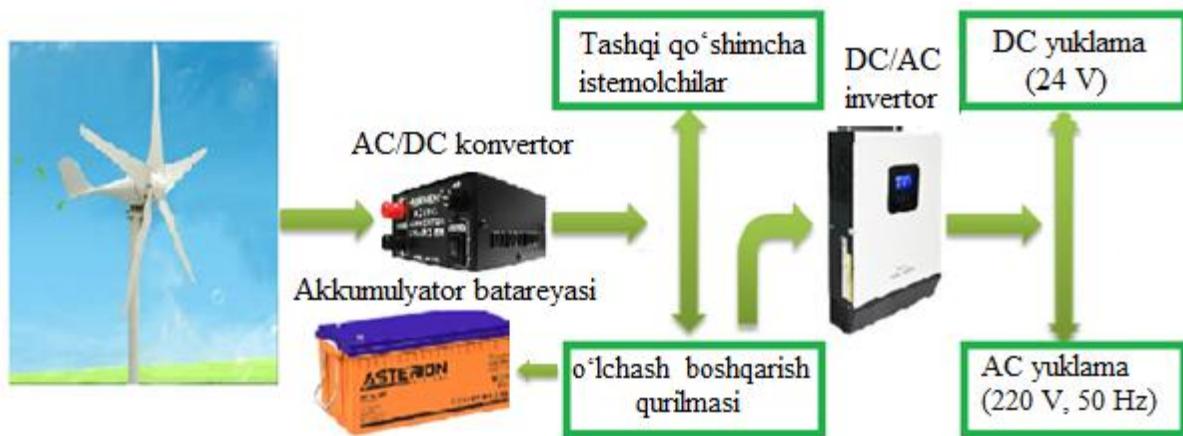
### 1-rasm. Quyosh energiya manbasining ularish sxemasi

bu erda DC yuklama (24 V) - iste'molchilarning o'zgarmas tok yuklamasi; AC yuklama (220 V, 50 Gs) - iste'molchilarning o'zgaruvchan tok yuklamasi hisoblanadi.

Taxlillar ko'rsatadiki, yilning aprel-sentyabr oylarida boshqa oylarga nisbatan ushbu manbalardan foydalanish samaraliroq, qolgan oylarda elektr energiya iste'molchilarni ishionchli va uzlusiz ta'minlashda boshqa oylarga nisbatan 2-3 marta ko'proq manbalarini ishlatishni talab etadi. Bu xolat texnik sarf xarajatlarni ortishiga xamda energetic qurilmalarni uzlusiz ishlashini ta'minlay olmasligiga olib keladi [4, 7].

Shamol energiya manbalari geografik joylashish va atmosferaning er usti qatlamida bo'lib o'tadigan iqlim jarayonlari tufayli ishlaydi. Shamol energiyasidan foydalanish mavsumiy xarakterga ega. Shamol oqimining o'rtacha solishtirma quvvati o'rtacha  $85,0 \text{ Vt/m}^2$  ni tashkil etadi [3,5].

Shamol energiya bilan ishlatilovchi manbalarining ularish tuzilish sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



## 2-rasm. Shamol energiyadan ishlovchi manbalarning ulanish sxemasi

Ishlab chiqarilayotgan elektr energiyani o'zgarishi, markazlashgan energiya tarmoqda ulangan va ulanmagan xollarda gibrildi energiya manbalaridan qo'llash, energetik qurilmalarni tavsiflarini yaxshilash, F.I.K.larini oshirish, ish xolatlarini doimiy ravishda nazorat qilish, chiqish kattalik va parametrlari qiymatlari o'zgarganda ularni zamонави dasturiy va apparat majmaular asosida avtomatik ravishda rostlash orqali energiya samaradorligini oshirish talab etiladi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi energiya tizimi elektr kattalik va parametrlarini tadqiq qilish dasturiy ta'minotini va tajribaviy namunasini yaratish muxim masalalardan hisoblanadi [6].

Qayta tilanuvchan energiya manbali elektr tarmoq tizimlarining energiya iste'molchilarini va qurilmalarning ishlashi uchun iste'mol qilayotgan aktiv energiyadan  $W_P$  tashqari o'zgaruvchan magnit maydon xosil qiluvchi reaktiv energiya  $W_Q$  ham kerak bo'ladi. Sababi o'zgaruvchan tok elektr tarmoqlarida uzatiluvchi to'la quvvat  $S$ , aktiv  $P$  va reaktiv  $Q$  quvvatlarning geometrik yig'indisi sifatida aniqlanadi:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2},$$

umumiy tok  $I$  aktiv  $I_A$  va reaktiv  $I_R$  tashkil etuvchilardan iboratdir:

$$I = \sqrt{I_A^2 + I_R^2},$$

elektr uzatish tarmog'i kuchlanishi  $U$  quydagicha bo'ladi:

$$U = \frac{S}{\sqrt{3}I}.$$

Uch fazali tarmoq uchun  $R$  qarshilikda aktiv quvvat isrofi quydagicha aniqlanadi:

$$\Delta P = 3I^2R = \frac{S^2}{U^2}R = \frac{P^2+Q^2}{U^2}R = \frac{P^2}{U^2}R + \frac{Q^2}{U^2}R = \Delta P_A + \Delta P_P, \quad (1)$$

bu erda  $\Delta P_A$  va  $\Delta P_P$  – quvvatlar isrofining aktiv va reaktiv quvvat tashkil etuvchilari.

Reaktiv quvvat ( $RQ$ ) iste'molini xarakterlovchi me'yoriy ko'rsatgich bo'lgan aktiv quvvat koeffitsenti  $\cos\varphi$  quydagicha aniqlanadi:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}.$$

Lekin  $P/S$  nisbati  $RQ$  ninig xaqiyqiy qiymatidagi o'zgarishlar dinamikasi xaqida tessavurni to'la aks etmsaydi.  $\cos\varphi$  0,95 dan 0,94 gacha o'zgarganda  $RQ$  iste'moli ( $S^* \sin\varphi$ ) 10% ga oshadi va shuningdek  $\cos\varphi$  0,99 dan 0,98 gacha o'zgarganda

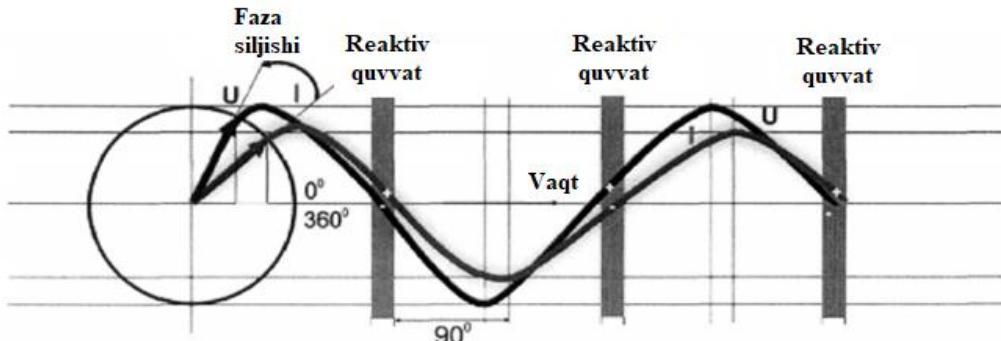
RQ istemoli 42 % ga teng bo'ldi. Amalda RQ koeffitsenti sifatida to'la aktiv va reaktiv tashkil etuvchilaridan aniqlanuvchi reaktiv quvvat koeffitsiyenti -  $\operatorname{tg}\varphi$  dan foydalaniladi:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\varrho}{P}.$$

Iste'molchilar bilan xisob kitoblar uchun ishlatilgan yuklamaning o'rtacha quvvat koeffitsenti vaqt mobaynida hisoblagichlarning aktiv va reaktiv ko'rsatgichlari asosida aniqlanadi. Hisoblangan vaqt mobaynida yani  $t_2 - t_1$  da aktiv energiya hisoblagich ko'rsatgichi  $W_A = W_{At_2} - W_{At_1}$ ga teng va reaktiv energiya  $W_R = W_{Pt_2} - W_{Pt_1}$  bo'lsa u xolda:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{W_P}{W_A}.$$

Ratsional energiya iste'molining umumiy vazifalari loyixalash bosqichida xam, elektr ta'minoti tizimlarini ishlatish bosqichida xam, RQ kompensatsiyasi yuklama bilan ta'minlashni masalasini xam o'z ichiga oladi – sheksiz quvvat yuklamasi tarmoqdagi davriy kuchlanish tarmoqdan kuchlanishga mos keladigan shakl va fazadagi reaktiv toklarni iste'mol kilishi kerak (3-rasm).



**3-rasm. Induktiv yuklama bilan kuchlanish va tokning chiziqli o'zgarishi**

Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda RQ kompensatsiyasi bir nechta maqsadlarda qo'llaniladi:

-yuklamaning RQ tugunlari muvozanat holatiga rioya qilishi uchun kerak; elektr energiya tarmog'ining isrofini kamaytirish maqsatida RQ kompensatsiya qurilmasidan (KQ) foydalanish;

KQ dan elektr energiyaning sifatini yaxshilash va kuchlanishni rostlash uchun foydalanish mumkin.

Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashning ishlashi elektr eneregiya ishlab chiqarish va istemoli jarayoniga va ulanish sxema tuzilishiga ta'sir qiladi, ET qurilmalarida reaktiv quvvat iste'moli kamaytiriladi. ETda reaktiv quvvat o'rnini qoplashda ikki xil usul qo'llaniladi:

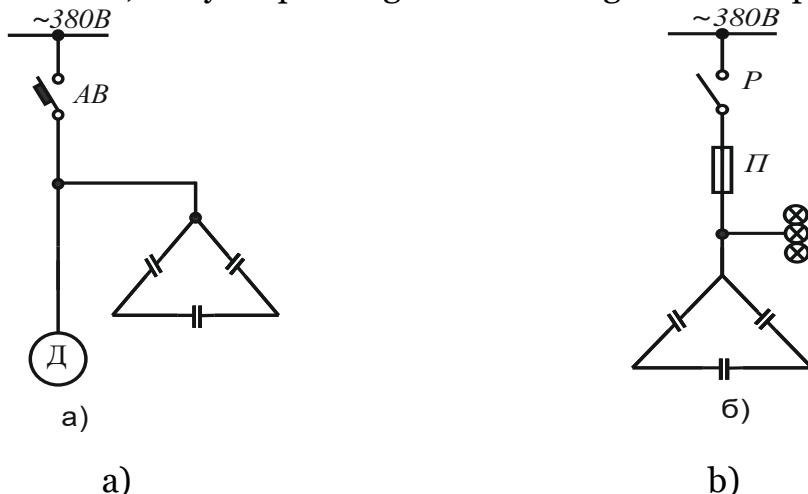
1. Reaktiv quvvat manbasini qo'llash;
2. Reaktiv quvvat manbalarini qo'llamasdan texnologik jarayonga, elektr qurilmasi tuzilishiga va parametrlariga ta'sir qilish.

Elektr energiya iste'molchilarida reaktiv quvvat manbalarini sifatida kondensator batareyalari, sinxron kompensatorlar, sinxron motorlar va reaktiv quvvatning ventilli manbalarini qo'llash tavsiya etiladi [7,8].

Kuchlanishlari 380 voltli, 6 kV va 10 kV li kosinusli kondensator qurilmalari amaliyotda kengroq qo'llanilmoqdalar. Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni qoplash (kompensatsiyalash) uchun o'rnatilgan kondensator batareyalarining iqtisodiy ko'rsatkichlari, solishtirma quvvat yo'qotishlari quyidagicha:

$$380 \text{ V kuchlanishda } R_{\text{sol}} = 4 \text{ Vt/kVar}; \\ 6-10 \text{ kV kuchlanishda } R_{\text{sol}} = 2-2,5 \text{ Vt/kVar}.$$

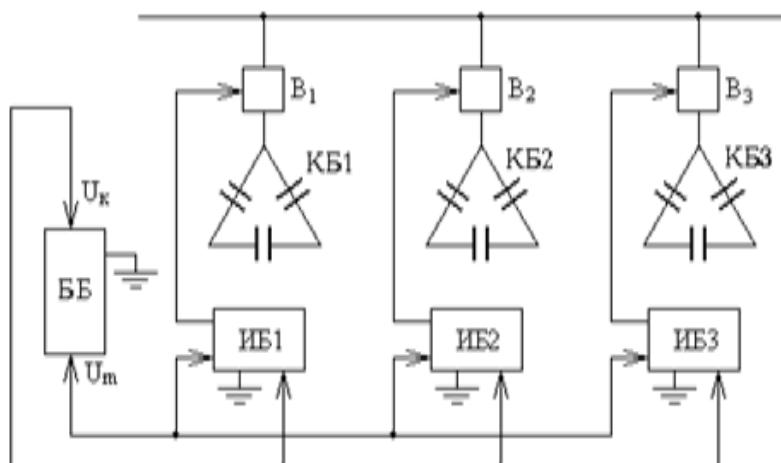
Qurilmalarining ulanish, nazorat va boshqaruv sxemalarini ko'rib chiqamiz. 4-rasmdagi sxemalarda kondensator batareyasini uzgich (a-rasm) orqali ulanishi, kondensator batareyasini saqlagich (b-rasm) yordamida ulanishi sxemasi ko'rsatilgan bo'lib, razryad qarshiligi sifatida cho'g'lanma lampalar ishlataladi [9].



#### 4-rasm. Kondensator batareyalarining ulanish sxemalari

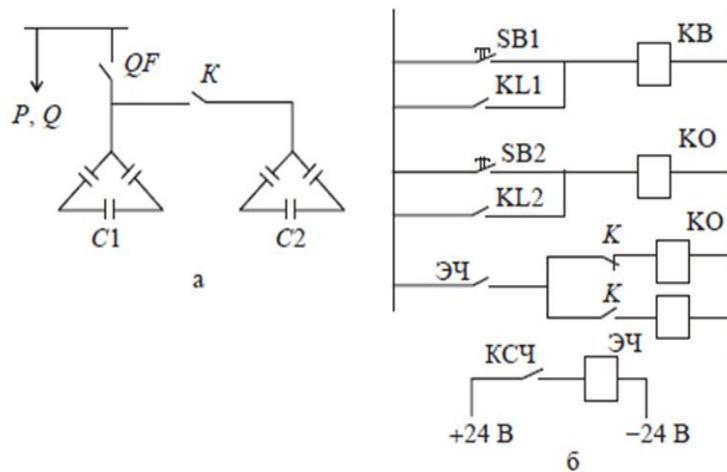
Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashda reaktiv quvvatlarni avtomatik kompensatsiyalash, ya'ni reaktiv quvvat koeffitsientini boshqarish kondensator batareyalari (KB) yordamida amalgalashiriladi. Reaktiv quvvatga bo'lgan talab kun davomida o'zgarib turadi, kuchlanishni kamayib yoki ortib ketishiga reaktiv quvvatni avtomatik ravishda rostlab turilishi, natijada ba'zi qurilmalarni ishdan chiqishiga olib keladi [5, 10].

Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashning ko'p pog'onali avtomatik boshqarish sxemasi 5-rasmida keltirilgan. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash – qoplashda elektr energetik uskunalarining quvvatini aniqlash elektr taminoti tizimining maksimal yuklamali rejimda bajariladi.



**5-rasm. Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashda ko‘p pog‘onali avtomatik boshqarish sxemasi: BB- Buyuruvchi blok, IB1, IB2, IB3-Ijrochi bloklar, V1, V2, V3 – sekxiyalardagi o‘chirgichlar, KB1,KB2,KB3-kosinusli kondensatorlar**

Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashning statik qoplash uskunalari 0,4 kV kuchlanishlarda keng qo'llaniladi va u yotdamida bajarilgan markazlashgan qoplash sxemasi 6 – rasmida keltirilgan. Keltirilgansxema AVM avtomatik o‘chirgichga ta’sir kilib, yuklama kamayganda fazalardagi sig‘imni kamaytiradi va teskari jarayonni amalga oshirish imkoniga ega hisoblanadi.



**6-rasm. Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashning 380 V kuchlanishda markazlashgan sxemasi**

**a-KBni ulanish sxemasi, b-KBni boshqarish sxemasi**

Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashda reaktiv quvvat manbasi sifatida ishlataladigan qurilmaning kerakli quvvati quyidagicha topiladi:

$$Q_{kk} = P_{y.yil} (\operatorname{tg} \phi_{y.yil} - \operatorname{tg} \phi_{hopm}), \quad (2)$$

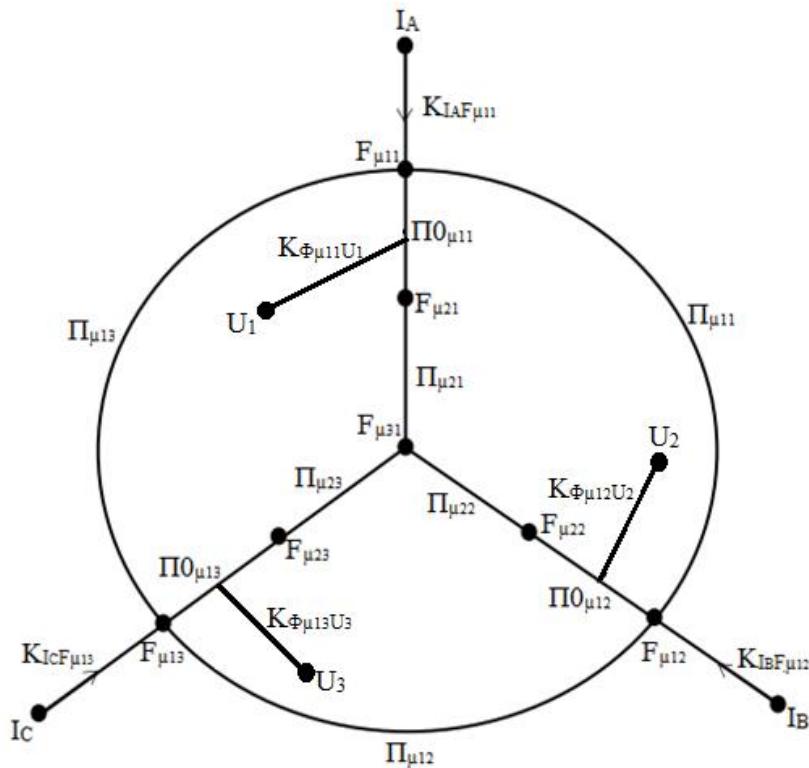
bu erda:  $P_{y.yil} = W_{yil}/T_{yil}$  – o‘rtacha yillik aktiv quvvat.

$\operatorname{tg} \phi_{y.yil} = V_{yil}/W_{yil} = (Q_h * T_{mr})/(R_h * T_m)$  – o‘rtacha yillik reaktiv quvvat koefitsienti.

$T_m$  va  $T_{mr}$ -aktiv va reaktiv quvvat maksimumlaridan foydalanishning yillik soatlar soni.

$\text{tg} \square_{\text{norm}}$  – kuchlanishi 1000 voltgacha bo‘lgan elektr tarmoqlar uchun = 0,25 ga teng [7].

Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash manbasi reaktiv toklarni ikkilamchi kuchlanishga o’zgartirgichning graf modeli 7 rasmda keltirilgan.



**7- rasm. Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash manbasi reaktiv toklarni ikkilamchi kuchlanishga o’zgartirgichning graf modeli.**

Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash manbasi reaktiv toklarni ikkilamchi kuchlanishga o’zgartirgichning graf modeli asosida chiqish kuchlanishini shakllantirish uchun toklar orqali m.yu.k larni hosil qilingan analitik ifoda quyidagi ko‘rinishlarida shakllantiriladi:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{F_{\mu 11}-F_{\mu 12}}{\Pi_{\mu 11}} + \frac{F_{\mu 11}-F_{\mu 21}}{\Pi_{\mu 11}} + \frac{F_{\mu 11}-F_{\mu 13}}{\Pi_{\mu 13}} = K_{I_A F_{\mu 11}} I_A; \\ \frac{F_{\mu 21}-F_{\mu 11}}{\Pi_{\mu 11}} + \frac{F_{\mu 21}-F_{\mu 31}}{\Pi_{\mu 21}} = 0; \\ \frac{F_{\mu 12}-F_{\mu 11}}{\Pi_{\mu 11}} + \frac{F_{\mu 12}-F_{\mu 22}}{\Pi_{\mu 12}} + \frac{F_{\mu 12}-F_{\mu 13}}{\Pi_{\mu 13}} = K_{I_B F_{\mu 12}} I_B \\ \frac{F_{\mu 22}-F_{\mu 12}}{\Pi_{\mu 12}} + \frac{F_{\mu 22}-F_{\mu 32}}{\Pi_{\mu 22}} = 0; \\ \frac{F_{\mu 13}-F_{\mu 12}}{\Pi_{\mu 12}} + \frac{F_{\mu 13}-F_{\mu 22}}{\Pi_{\mu 13}} + \frac{F_{\mu 13}-F_{\mu 11}}{\Pi_{\mu 11}} = K_{I_C F_{\mu 13}} I_C \\ \frac{F_{\mu 23}-F_{\mu 13}}{\Pi_{\mu 13}} + \frac{F_{\mu 23}-F_{\mu 33}}{\Pi_{\mu 23}} = 0; \\ \frac{F_{\mu 31}-F_{\mu 21}}{\Pi_{\mu 21}} + \frac{F_{\mu 31}-F_{\mu 22}}{\Pi_{\mu 22}} + \frac{F_{\mu 31}-F_{\mu 23}}{\Pi_{\mu 23}} = 0. \end{array} \right. \quad (3)$$

Bu erda: sezgir element o'ramlari soniga bog'liq koeffitsientlar ( $w_a, w_b, w_c$ ) -  $K_{I_A F_{\mu 11}}, K_{I_B F_{\mu 12}}, K_{I_C F_{\mu 13}}$ ; birlamchi toklar -  $I_A, I_B, I_C$ ; magnit o'zak (sterjen) va havo oraliq magnit parametrlari qarshiliklari -  $\Pi_{ij}, \Pi_{O_{\mu ij}}$ ; qurilma magnit o'zagidagi (sterjen) m.yu.k. lar -  $F_{uij}$ .

Birlamchi reaktiv elektr toklar -  $I_A, I_B, I_C$ , m.yu.k. -  $F_{\mu 11}, F_{\mu 12}, F_{\mu 13}$ , magnit oqimlari -  $\Phi_{\mu 11}, \Phi_{\mu 12}, \Phi_{\mu 13}$  va chiqish ikkilamchi kuchlanishlariga -  $U_1, U_2, U_3$ , o'zgartirish jarayonidagi bog'liqliklarning analistik ifodalari quyidagicha shakllantiriladi:

$$U_1 = K_{\Phi_{\mu 11} U_1} \Phi_{\mu 11}; \quad (4)$$

$$\Phi_{\mu 11} = \frac{F_{\mu 11} - F_{\mu 21}}{\Pi_{O_{\mu 11}}};$$

$$F_{\mu 11} = K_{I_A F_{\mu 11}} I_A.$$

$$U_2 = K_{\Phi_{\mu 12} U_2} \Phi_{\mu 12}; \quad (4)$$

$$\Phi_{\mu 12} = \frac{F_{\mu 12} - F_{\mu 22}}{\Pi_{O_{\mu 12}}};$$

$$F_{\mu 12} = K_{I_B F_{\mu 12}} I_B.$$

$$U_3 = K_{\Phi_{\mu 13} U_3} \Phi_{\mu 13}; \quad (5)$$

$$\Phi_{\mu 13} = \frac{F_{\mu 13} - F_{\mu 23}}{\Pi_{O_{\mu 13}}};$$

$$F_{\mu 13} = K_{I_C F_{\mu 13}} I_C.$$

Yuqoridagi ifodadan foydalanib m.yu.k. lar hosil qilingan magnit oqimlari orqali ikkilamchi kuchlanishlarini quyidagicha aniqlash mumkin:

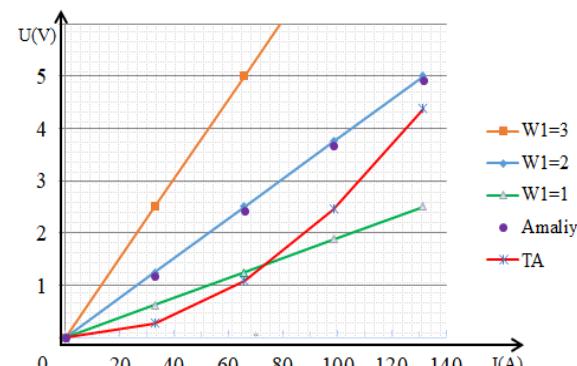
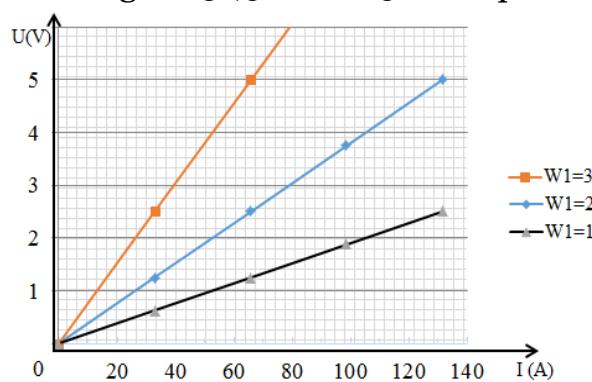
$$U_1 = K_{\Phi_{\mu 11} U_1} \left( \frac{K_{I_A F_{\mu 11}}}{\Pi_{O_{\mu 11}}} I_A - \frac{F_{\mu 21}}{\Pi_{O_{\mu 11}}} \right); \quad (6)$$

$$U_2 = K_{\Phi_{\mu 12} U_2} \left( \frac{K_{I_A F_{\mu 12}}}{\Pi_{O_{\mu 12}}} I_B - \frac{F_{\mu 22}}{\Pi_{O_{\mu 12}}} \right); \quad (7)$$

$$U_3 = K_{\Phi_{\mu 13} U_3} \left( \frac{K_{I_C F_{\mu 13}}}{\Pi_{O_{\mu 13}}} I_C - \frac{F_{\mu 23}}{\Pi_{O_{\mu 13}}} \right); \quad (8)$$

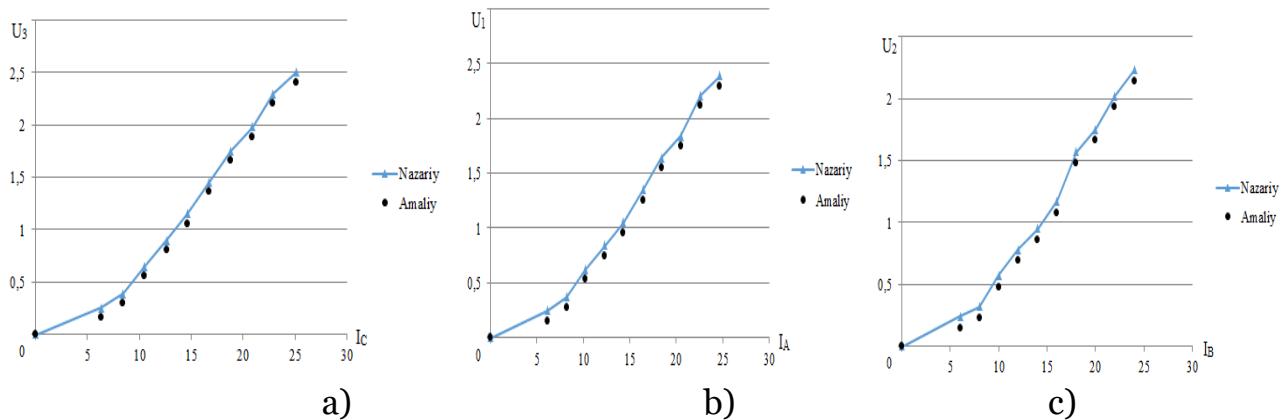
bu erda:  $K_{\Phi_{\mu 11} U_a}$ ,  $K_{\Phi_{\mu 12} U_b}$ ,  $K_{\Phi_{\mu 13} U_c}$  - ikkilamchi chiqish kuchlanishlari va magnit oqimlarning o'zaro bog'liqlik koeffitsiyentlari.

Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash manbasi reaktiv toklarni ikkilamchi kuchlanishga o'zgartirgichning graf modeli asosida hisoblangan reaktiv quvvat birlamchi toklarning  $I=131,5$  A va 25 A miqdorlarini birlamchi toklarni ikkilamchi chiqish



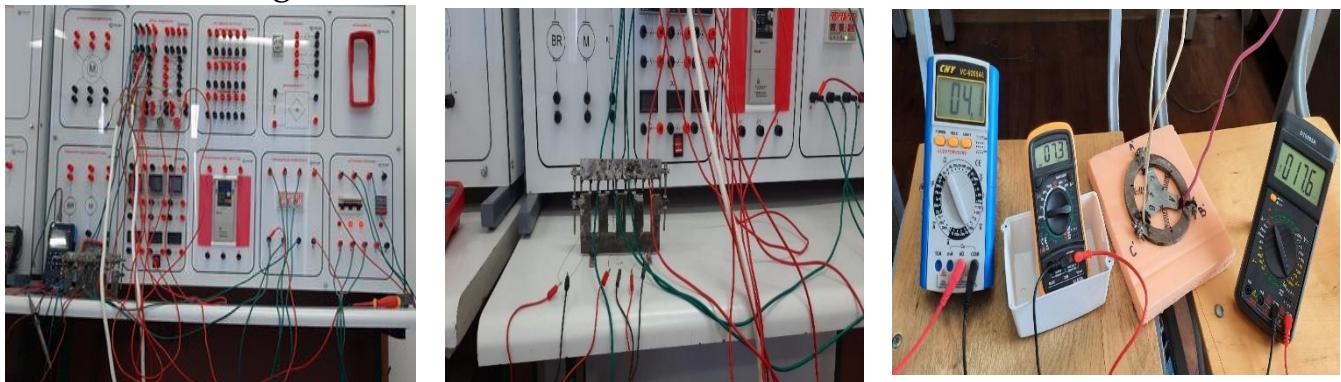
kuchlanishiga o'zgartirgichning statik tavsiflari 8 va 9 -rasmlarda keltirilgan.

**8-rasm. Reaktiv quvvat birlamchi toki  $I=131,5$  A li qurilmaning statik tavsiflari.**



**9-rasm. Reaktiv quvvat toki  $I=25$  A gacha bo'lgan qurilmaning statik tavsiflari.**

Ishlab chiqilgan qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlardagi reaktiv quvvatni uch fazali toklarini o'lchov va nazorati qurilmalarining tuzilmalari 10 rasmida keltirilgan.



b) c)

**10-rasm. Tajriba qurilmalarining ko'rinishlari**

bu erda: a) tajriba stendining umumiy ko'rinishi; b) uch faza va neytral simli qurilmaning ulanishi; c) nosinusoidal uch fazali qurilmaning ulanishi.

Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr tarmoqlarining reaktiv toklarini o'zgartkich qurilmalarining tuzilishini takomillashtirish asosida:

uch fazali nosimmetrik tokni kuchlanishga elektromagnit o'zgartgich qurilmasiga O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi "Intellektual mulk markazi" Davlat muassasasi tamonidan foydali modelga patenti olingan (FAP 2022 0203, 2022 yil). Natijada o'zgartgich birlamchi uch fazali tok nosimmetrikligini chiqish kuchlanishi miqdorini me'yorlanganligi, chiziqligi va yuqori aniqligini ta'minlash imkonini bergen;

nosimmetrik uch fazali tokni kuchlanishga o'zgartgich qurilmalar yordamida elektr tarmoqlari birlamchi bir va uch fazali toklar hosil qilgan o'zaro ta'sirlashuvchi magnit oqimlar kattaliklari va o'zgarishlariga mos keluvchi hamda o'zgartgich qurilmasining ikkilamchi chulg'amida kuchlanish ko'rinishidagi signallar hosil qilish tamoyili va modeli yaratilgan. Yaratilgan model asosida shakllantirilgan o'zgartgich tuzilmasiga O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi tomonidan yangilik

sifatida “Uch fazali tokning nosimmetrikligini kuchlanishga o’tkazuvchi elektromagnitli o’zgartgich” nomli foydali modelga patent olingan (Patent № FAP 02157, 27.05.2022 y. (5 yil)).

reakтив quvvat manbalarining bir va uch fazali birlamchi toklar qurilmalarining tarqalgan parametrali graf modeli va model asosida shakllantirilgan analitik ifoda qurilmalarining real chiziqli chiqish tavsiflariga adekvatligi aniqlandi va uch faza va neytral simli qurilmaning o’zgartirish aniqligini yig’ilgan parametrali modelga nisbatan 1,6 % ga, klassik tok tronsformatoriga nisbatan 11.2 % ga yaxshilangan hamda nosinusoydal uch fazali qurilmaning o’zgartirish aniqligini yig’ilgan parametrali modelga nisbatan 2,4 % ga, klassik tok tronsformatoriga nisbatan 10.4 % ga yaxshilanganini ko’tarish imkoniga erishildi.

### **Adabiyotlar ro‘yxati**

- 1.Naser Mahdavi Tabatabaei, Ali Jafari Aghbolaghi, Nicu Bizon, Frede Blaabjerg. Reactive Power Control in AC Power Systems: Fundamentals and Current Issues//Springer, – 2017:634 p.
- 2.N.R.Yusupbekov, R.A. Aliyev, R.R.Aliyev, A.N.Yusupbekov. “Boshqarishning intellektual tizimlari va qaror qabul qilish”. Davlat ilmiy nashriyoti “O’zbekiston milliy ensiklopediyasi” Toshkent – 2015 yil.
- 3.Schaumburg H. Werkstoffe und Bauelemente der Elektrotechnik. Sensor–anwendungen. Stuttgart: 2012.– 420 p.
- 4.Sioshansi, P. Smart Grid, Integrating Renewable, Distributed & Efficient Energy Edited by Fereidoon / P. Sioshansi // Academic Press, 2012. -pp. 568.
- 5.Schaumburg H., Ritchie E., Khamdamov R.,Kh., Adilov A.A., Bistrov D.D., Zakirov T.Z., Abdullaev A.Kh., Musaev M.N., Siddikov I.Kh., Kayumov Sh.Sh., Mazgarov B.A., Kim M.O. Long Distance Training in Uzbekistan // The final report of the Project EC T JEP-10845-99. TUHH – Gamburg – Harburg (Germany), AAU – Aalborg (Denmark), TSTU (Tashkent, Uzbekistan), 1999 – 2004. – 342 p.
- 6.Tolga Ozay, Yuksel Oguz, Xasan Chimen. Energy Flow Control with Using Arduino Microcontroller in Off-Grid Hybrid Power Generation System Including Different Solar Panels and Fuel Cell // Measurement and Control 2017, Vol.50(9-10) 186-198.
- 7.M.Veeramani, J.Prince Joshua, C.K.Sundsrbsalan, J.Sanjeevikumar. An Efficient Microgrid Management System for Rural Area using Arduino // Internationak Journal of Engineering Trends and Technology. October 2016. Volume-40 Number-6.
- 8.Siddikov I.Kh., Sattarov Kh.A., Khujamatov H.E. Research of the Influence of Nonlinear Primary Magnetization Curves of Magnetic Circuits of Electromagnetic Transducers of the Three-phases Current // Universal Journal of Electrical and Electronic Engineering. Horizon Research Publishing Corporation, USA. 2016, Vol.4(1), pp. 29 - 32, <http://www.hrpublishing.org>.
- 9.I.X. Siddikov, A.B.Abubakirov, T.U.Kurbaniyazov, M.N.Bekimbetov. “Uch fazali tokning nosimmetrikligini kuchlanishga o’tkazuvchi elektromagnitli o’zgartgich” O’zbekiston Respublikasi Foydali modellar davlat reyestrida 18.11.2022 yilda ro‘yxatdan o’tkazildi. Foydali modelga Patent № FAP 02157.
- 10.Альтернативная энергетика [Электронный ресурс] // Режим доступа:

[https://alternativenergy.ru/vetroenergetika/117-shema-vetrogeneratora.html.-2012.](https://alternativenergy.ru/vetroenergetika/117-shema-vetrogeneratora.html.-2012) Дата доступа: 31.01.2012.

11.SOLAIR. Солнечная энергетика [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://solair.ru/index.php/2011-03-31-09-09-07/41-hybridpos>. 2009-2011. Дата доступа: 31.01.2012.

**УО'К 621.374., 537. 52**

## **QISHLOQ XO'JALIGIDA NEMATODA ZARARKUNANDALARIGA QARSHI KURASH USULLARI**

**Abdullayev Mirshod Shuxratovich** “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti “Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va boshqarish” kafedrasi assistenti, Toshkent shahri, O’zbekiston Respublikasi.

Email: [mirshodabdullahayev@gmail.com](mailto:mirshodabdullahayev@gmail.com)

**Bozorov Elmurod Ostanovich** “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti “Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va boshqarish” kafedrasi dotsenti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, Toshkent shahri, O’zbekiston Respublikasi. Email: [bozorovelmurod@gmail.com](mailto:bozorovelmurod@gmail.com)

**Annotatsiya:** Qishloq xo’jaligida zararkunandalarga qarshi kurash usullari zararkunandalarning o’sishini nazorat qiluvchi bir nechta jarayonlarni o’z ichiga oladi. Zararkunandalar qishloq xo’jalik mahsulotlari va chorva mollariga zarar yetkazuvchi organizmlardir. Zararkunandalarga qarshi kurash usullariga yirtqichlar, kimyoviy pestitsidlar, tabiiy pestitsidlar, mexanik to’siqlar va boshqalardan foydalanish kiradi. Yakka tartibda qo’llanilganda, bu usullar yanada halokatli oqibatlarga olib kelishi mumkin. Binobarin, asosan uyg‘unlashgan kurash usullari qo’llaniladi va bu jarayonlar birgalikda uyg‘unlashgan kurash usullari deb ataladi. Qishloq xo’jaligida zararkunandalarga qarshi kurashish katta ahamiyatga ega, chunki u kam iqtisodiy yo’qotishlar bilan yuqori hosildorlikni ta’minlaydi.

**Kalit so’zlar:** Kurash, o’simlik; kasallik; elektrod; zararkunanda; elekrotexnologiya; impuls; sabzavot.

**Абдуллаев Мишод Шухратович** Ассистент кафедры «Автоматизации и управления технологическими процессами» НИУ “ТИИИМСХ”, г. Ташкент, Республика Узбекистан. Электронная почта: [mirshodabdullahayev@gmail.com](mailto:mirshodabdullahayev@gmail.com)

**Бозоров Элмурод Остянович** Доцент кафедры «Автоматизации и управления технологическими процессами» НИУ “ТИИИМСХ”, г. Ташкент, Республика Узбекистан. Электронная почта: [bozorovelmurod@gmail.com](mailto:bozorovelmurod@gmail.com)

**Аннотация:** Согласно анализу мировой литературы, высокая эффективность мер борьбы при защите растений от различных заболеваний зависит от научно обоснованных мероприятий. Борьба с нематодами проводится профилактическими, агротехническими, физическими, химическими и селекционными методами. Эффективность этих методов требует выявления заболеваемости в период развития и правильного определения зон поражения. В данной статье проанализированы вышеупомянутые методы и сделаны выводы.

**Ключевые слова:** электрическое поле, растение; болезнь; электрод; вредитель; электротехнология; импульс; овощ.

**Abdullaev Mirshod Shukhratovich** PhD student of the Bukhara Institute of Natural Resources Management of the NRU "TIIAME", Bukhara, Republic of Uzbekistan.

Email: [mirshodabdullahayev@gmail.com](mailto:mirshodabdullahayev@gmail.com)

**Bozorov Elmurod Ostanovich** Associate professor of the Department of "Automation and control of technological processes", doctor of philosophy in Technical Sciences, National Research University "TIIAME", Tashkent, Republic of Uzbekistan. Email: [bozorovelmurod@gmail.com](mailto:bozorovelmurod@gmail.com)

**Abstract:** Based on the analysis of the world literature, the high efficiency of control measures in protecting plants from various diseases depends on scientifically based measures. The fight against nematodes is carried out by prophylactic, agrotechnical, physical, chemical and selection methods. The effectiveness of these methods requires the detection of the disease in the development period and the correct identification of the affected areas. This article analyzes the methods mentioned above and gives conclusions.

**Key words:** electric field, plant; disease; electrode; pest; electrotechnology; impulse; vegetable.

**Kirish.** Jahonda energiya resurstejamkor va ish unumi yuqori bo'lgan ekologik sof elektrotexnologik ishlov berish qurilmalarini ishlab chiqish yetakchi o'rinni egallamoqda. "Dunyo miqyosida nematoda hujayralari eng uzoq yashovchan ko'p hujayrali organizmlar hisoblanadi. Nematodalarning soni tuproqning tarkibida 1 m<sup>3</sup> maydonda 1 mln. dan oshishi mumkin, ekotizimda asosiy rol o'ynaydi" [1] ni hisobga olsak, ish sifati va unumi yuqori hamda o'simlik ildiziga ishlov berishning energiya-tejamkor qurilmalarini ishlab chiqish muhim vazifalardan hisoblanmoqda. Shu bilan birga sabzavot-poliz ekinlarining kushandasi nematodaga qarshi kurashishni ta'minlaydigan ekologik sof elektrotexnologik qurilmalarni ishlab chiqishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda energiya tanqisligining o'sishi, oxirgi o'n yillikda qishloq xo'jalik mahsuloti tannarxidagi ulushining 3...5 dan 15...30% gacha ortgan bo'lib, bu kursatgichning kelgusida yanada ortishi kutilmoqda. Bundan tashqari umum energo-balansdagi elektr energiyasining mavqeい ham ortadi. Ushbu yo'nalishda, elektrotexnologik usulda ishlov berish bir vaqtning o'zida nazorat va mahsulot

sifatini oshirish funksiyasini bajarib, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va atrof–muhit muhofazasini kuchaytirishga imkon yaratadi. O'simlikshunoslikdagi samarador, ekologik xavfli kimyoviy usullardan, kam energiya hajmi elekrotexnologik usullarni qo'llashga asta – sekinlik bilan o'tish, ularni maromiga yetkazib sug'oriladigan maydonlarda amaliy qo'llash, tadqiqot ishlarining ustivor yo'nalishlaridandir [2]. SHu jihatdan zararlangan sabzavot ekinlarining ildizlaridagi nematodaga qarshi kurashishni ta'minlaydigan ekologik sof elekrotexnologik usulni ishlab chiqish dolzarb masalalardan hisoblanadi.

**Maqsad.** Qishloq xo'jaligi samaradorligini tubdan oshirish, so'ngi yillarda paxtachilik, g'allachilik va meva–sabzavotchilikda mo'l hosil yetishtirish, ishlab chiqarish hajmlarining o'sishida chuqur o'ylangan va izchillik bilan amalgam shirilayotgan islohotlar asosiy omil bo'layotgani barchamizga ayon. Respublikamizning yangidan tashkil etilgan shirkat, dehqon va fermer xo'jaliklari paxta, g'alla, poliz, sabzavot va yopiq tuproqli (issiqxonalar) ekinlar ekiladigan yerlarda ko'pgina kasalliklar mavjud bo'lib, ayniqsa oxirgi yillarda o'simliklarning nematoda kasalligi ta'siridan ekinlar hosildorligida jiddiy zarar yetkazmoqda. Texnik adabiyotlarni taxlili shuni ko'rsatdiki, sabzavot, poliz yetishtiriladigan issiqxonalardagi ekin ekiladigan maydonlarda xosildorlik ko'proq talafot ko'rilmaganligi o'rganib chiqildi.

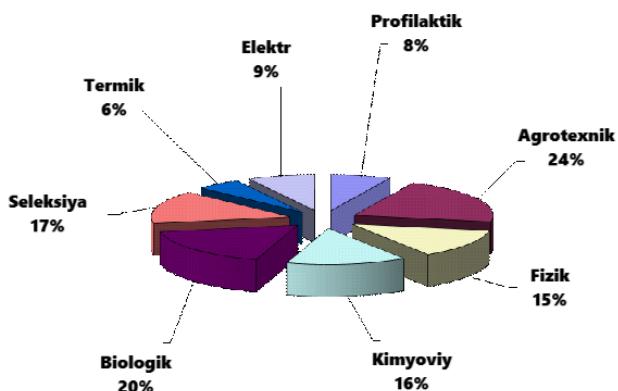
Jahon adabiyotlarini tahliliga asosan o'simliklarni nematoda gelmentlardan himoyalashda kurash choralarining yuqori samaradorligi ilmiy asoslangan tadbirlarga bog'liqdir. Nematodalarga qarshi kurash profilaktik, agrotexnik, fizik, kimyoviy va seleksiya usullarida olib boriladi. Ushbu usullarning samaradorligi kasallanishni rivojlanish davrda aniqlash va zararlangan makonlarni to'g'ri belgilashni talab etadi.

**Usullar.** Ekin maydonlaridagi begona o'tlar va o'simlik kasalliklariga qarshi kurashishning hozirgi paytda turli xil usullari mavjud. Ushbu usullar kasallanishning tarqalishi, ta'sir doirasi, salbiy oqibatlarning miqyosi, iqtisodiy zarar ko'rsatgichlari va nihoyat ekin turi va ziroatchilikning ko'rinishiga bog'liq holda baholanib, kurashning u yoki bu turi ikki xil tartibda ya'ni kasallikning oldini olish va qirib tashlash bilan nihoyalanishi mumkin.

Kasallanishning oldini olish tartibi, xozirgi kunda mavjud bo'lgan barcha ogohlantirish chora tadbirlarini qamrab olgan bo'lib, unga chetdan olib kelangan urug'lar va o'simliklar karantinini joriy etish, kasal maydonlardan olingan urug'larni va o'simlik mahsulotlarini turli xil shakllarda (kimyoviy, termik, biologik va h.k.) ishlov berish, urug'larni tozalashda kuchli elektr maydonli elektr kurilmalardan foydalanish, yerlarni chuqur kuzgi shudgorlash, agrotexnika talablariga to'liq rioya etgan holda yerlarga ishlov berish [3], almashlab ekish, mahalliy o'g'itlarni to'liq chirrindi (kompost) holatida yerlarga tarqatish, kimyoviy dorilarni me'yorlangan miqdorlarda to'g'ri qo'llash, paxta – don – poliz ekinlarining ketma – ket almashlab ekish sxemalarini joriy etish va shunga o'xshash agrotexnik va mexanik chora tadbirlarini qo'llash kabilar kiradi. Ammo ushbu tartib qoidalarga joylarda to'liq

rioya etilmasligi, ularning talab darajasida bajarilmasligi oqibatida ogohlantiruvchi choralar yetarli darajada samara bermayapti. Qator yillar davomida begona o't urug'lari, ildiz poyalari va qoldiqlarining yetarli darajada yig'ilganligi va ularga qarshi doimiy rejali va navbatdan tashqari qo'shimcha tozalash tadbirlarining yetarli darajada sifatli o'tkazilmayotganligi oqibatida yil sayin tuproq tarkibida ko'payib borayotganligi, paxta – bug'doy – ozuqa ekinlari va boshqa almashlab ekish usullarining barchasida o'simliklarning aksariyat zararlangan ildiz poyalari (g'o'zapoya, makkajo'xori, kanop)ning vegetatsiyadan so'ng ekin maydonlarida qolib ketayotganligi ogohlantirish tadbirlarining samaradorligiga salbiy ta'sir etmoqda. Kimyoviy dorilarning qimmatligi mahsulotning tannarxini oshirsa, ularning yillar davomida surunkali aynan shu ekin maydonlarida takroran qo'llanilishi kasalliklarning ushbu dorilarga nisbattan immunitet hosil qilishiga yoki iste'mol maxsulotlarida zaharli nitrat darajasining me'yordan ortib ketishiga, iste'molchi va tirik organizmlarning to'qimalarida yig'ilib, tuzalmas asoratlarni keltirib chiqarishiga omil bo'lmoqda. Yangi tashkil etilayotgan fermer xo'jaliklari va qaytadan shakllanayotgan shirkatlar rahbarlarining yuqori hosildorchilikka erishish maqsadida navi to'la tekshirilmagan va karantin tekshiruvlaridan o'tmagan urug'lardan foydalanayotganligi ham ushbu muammoning salmog'ini oshirmoqda va yechimini yanada chigallashtirmoqda.

Nematoda kasalliklariga qarshi kurashish usullarini tahlili natijasida sabzavot ekinlarida hozirgi kunda Respublikamizda nematoda gijjalariga qarshi mavjud kurash usullarining tahlilini (1 – rasmga qarang) baholash mumkin.



### 1-rasm. Kasalliklariga qarshi kurash usullari

**Agrotexnik yalpi qirg'in usulida** mutaxassislarning maslahatlariga muvofiq paxta–oraliq oziqa o'simliklari–bug'doy yoki bug'doy–makkajo'xori–bug'doy, paxta–beda va shunga o'xhash almashlab ekish agrotexnik tadbirlari taklif etilgan. Albatta ushbu agrotexnik tadbirlar belgilangan ko'rsatmalar asosida aniq muddatlarda bajarilsa yuqori samara berar edi. Ammo aksariyat xo'jaliklarda rejani ortig'i bilan bajarish, tannarxi arzon, mehnat resurslari va xom ashyo resurslari tejamli yetishtirilgan mahsulotlarning sotuv narxlari yuqori baholanadigan kamyob ekinlarni surunkali ekish, yerning baniteti, kasalliklarning rivojlanish va tarqalish darajasini etiborga olmaslik holatlari ushbu kurash tadbirlarining samaradorligiga yetarli emasligini ko'rsatdi. Almashlab ekishda yetarli darajada agrotexnika

talablariga rioya etmaslik oqibatida mutaxassislarning ma'lumotlariga qaraganda beda va shunga o'xhash ko'p yillik ekinlar ekilgan maydonlarda birinchi vegetatsiya mavsumida, boshlang'ichga nisbattan 8 % ga, va uchinchi agrotexnik mavsum oxirida esa 33 % gacha ortishi kuzatilgan. Almashlab ekishning yerni chuqr shudgorlamasdan ekish texnologiyasi qo'llanilganda kasalliklarning manbai bo'lgan begona o'tlar va kasallik o'choqlari 7% dan 43% gacha ko'paytiradi [4].

**Mexanik yalpi qirg'in usullari**—yerlarga kuzgi shudgorlash, o'simliklar qator oralig'iga mexanik ishlov berish, kasallangan o'simliklar va kasallik manbai bo'lgan nimjon o'simliklarni ekin maydonlaridan chopiq qilib tashqariga chiqarib tashlash kabi bir qancha tadbirlarga tayanadi.

Begona o'tlar va kasallangan o'simliklarni tuproqdan ajratib olish va uni daladan chiqarib tashlash uchun sarflanadigan qo'l mehnatini osonlashtirish uchun kartoshka kovlovchi KTN kombaynlari, lavlagi teradigan KTS-3A elevatorli qurilmalarning tebranadigan elevatori ustiga kasallangan o'simliklar va zararlangan ildiz poyalarni ajratib, saralaydigan va uni telejkalarga ortib beradigan moslamalar ishlataladi. Bu agregatlar qimmat, chet eldan keltiriladi [5, 6].

**Profilaktik tadbirlar**—zararlangan qishloq xo'jalik maydonlardagi begona o'tlarni yo'qotish sog'lom ko'chatlarni o'stirish va ularni ekish, har bir maydonni alohida ish qurollari bilan ta'minlash, dorilaydigan gilamchalar, maxsus kiyimlar va ish qurollari bilan ta'minlash dalalardan chiqqan axlat, begona o'tlar, o'simlik qoldiqlarni chiqarib tashlash, tozalikga rioya qilish kabi tadbirlarni qamrab olgan [7, 8].

**Termik usul**—olvoda yondirish yoki tuproqni sun'iy qizdirish usuli, kasallangan maydonlardagi o'simliklar qoldig'ini olovda yondirish va tuproqning ekin ekilgan yuzalarini qog'oz, polietilen va boshqa shunga o'xhash materiallar bilan qoplab uning haroratini mo'tadil haroratdan yuqoriq darajalarga ko'tarish va tuproq tarkibidagi kasallik lichinkalari va viruslarini tuproqni qo'shimcha qizdirish hisobiga shikastlashga erishishdan iboratdir. Buning uchun kasallangan hududlardagi hosildan bo'shagan maydonlarda zararlangan o'simliklar (paxta, kanop, bug'doy, makkajo'xori, va h.k.) ning poyalari, barglari, urug'lari va ildiz poyalari, yerlarning yuzalariga to'planadi va ikkilamchi xom ashyo mazut, solyarka va shunga o'xhash yonilg'i materiallari yordamida olovda kuydiriladi. Olovda yondirish tadbirini mexanizatsiyalashtirish maqsadida O'zMEI (SAIME) olimlari tomonidan olov kultivatorlari ishlab chiqilgan va uni qo'llash taklif etilgan[9].

**Kimyoviy usul**—rivojlangan xorijiy mamlakatlarda kasalliklari muammosi bilan bevosita kimyoviy usullarni qo'llash eng samarador tan – narxi arzon, keng qo'llanilish imkoniyati mavjud, tez ta'sir etuvchi vosita sifatida qayt etilgan. Fransiyada "DAZOMET" preparati qo'llanilgan maydonlarda 1 kg zararlangan pomidor ildizlarida 74 tagacha lichinkaning ta'sirlanganligi qayd etilib 50 o'simlikdagi hosildorlik 185,7 kg ni; "DD" preparati bilan ishlov berilganda 43 parazit virus ta'sirlanib 160,5 kg hosil olingan, "BROMMETIL" preparati ishlatilgan maydonlarda ayniqsa yuqori samaradorlik qayt etilib pomidor ildizlardi nematoda

lichinkalarini yoppasiga qirilishi kuzatilgan va hosildorlik 50 ta o'simlik uchun 243,8 kg ga yetgan [10].

**Fizik tadbirlar** (qizdirish usuli)–[5, 10] plastik mulchlash tuproqni qog'oz yoki polietilen plenkalari yopib tuproq tarkibida bo'lgan rivojlanayotgan lichinkalar va tuxumlarning quyosh nurlari ostida kuchli ta'sirlashga mo'ljallangan. Olimlarning ma'lumotlariga qaraganda tuproqni sun'iy qizdirish usuli tajriba variantlarda nazorat variantlarga qaraganda 7 maratobaga yuqoriligi qayt etilgan, ammo ma'lumotlar bo'yicha Amerika Qo'shma SHtatlari va Italiya hamda Marokashda ushbu usullar samarasiz deb qaralgan [10, 11].

**Plastik mulchlash** yoki solyarizatsiya–tuproqni sun'iy qizdirish usulining kamchiliklari sifatida quyidagilarni keltirish mumkin:

- plastik mulchlash tuproqning yuzasi tekis maydonlarda bajariladi, Agar tuproqning namligi va yuzasi talab darajasida tekis bo'lmasa qo'shimcha sug'orish va tekislash amaliyotlari o'tkazilishi talab etadi;

- plastik mulchlash usulida kimyoviy preparatlarni qo'llanilishi tadbirni murakkablashtirib, qimmatlashtiradi [12].

Kasallangan begona o't ildiz poyali g'umay va panjasimon ajiriqlarga qarshi DALAPON gerbitsidlari qo'llanilganda uning suv bilan tez aralashadigan kukunining ta'sirchanlik darajasi 80 % gacha yetishi mumkin.

**Seleksiya usuli**–o'simliklarni ayniqsa sabzavot, poliz ekinlari nematodadan himoyalash kasallikka bardosh tez o'sib rivojlanuvchi sog'lom yangi navlarini yaratish talab etadi.

**Natijalar.** Erishilgan yutuqlarga qaramasdan kasallikning o'simlikka moslashuvchanligi kurash tadbir choralarini aniq muddatlarda va belgilangan tadbirlarga rioya qilib o'tkazilmasligi kutilgan natijalarni bermayotir. Masalan biopreparatlarni tuproqqa, muhitga, va himoya etiladigan o'simliklarga yetarli darajada moslasha olmasligi, ko'pchilik iqtisodiy qo'shimcha tadbirlarni vujudga kelishi kurash usullarni murakkablashtirib oqibatda mahsulot tan narxini ortishiga omil bo'lmoqda.

O'simliklarga elektr ishlov berish bo'yicha ilmiy ishlar mavjud. Yuqorida keltirilgan usullarini taxlil etish natijalari nematoda kasalliklariga qarshi kurashishda elektr usullaridan foydalanish masalalari keltirilmagan shu sababli bodring va pomidor ildiz poyalariga elektro impulsli ishlov berishni o'rganish taqoza etiladi.

**Xulosa.** O'simlik kasalliklariga qarshi zamonaviy kurash usullari o'rganib chiqildi. Noelektrik usullarning tahlili quyidagi xulosaga olib keladi: har xil texnologik usullar va agrotexnik omillar (termik, kimyoviy, biologik) kasallik manbaalari bo'l mish begona o'tlarni yo'qotishda ma'lum kamchiliklarga ega va ularni bartaraf etish uchun keng ko'lamdag'i jiddiy tadqiqotlar talab etiladi.

## ADABIYOTLAR RO'YXATI

35. Respublikada meva-sabzavot, poliz, kartoshka va uzum mahsulotlari yetishtirish bo'yicha 2017 yilda amalga oshirilgan ishlari to'g'risida O'zbekiston Respublikasi Prizidenti hisoboti.
36. Aleyeva B.G., Xalilov K. Ispolzovaniye gerbitsidov na sornyakax v xlopkovix posevax kak odna iz mer integrirovannoy zashiti rasteniy. Tashkent 1981. – Vip.96.
37. A.C. Udostovereniye № 505. Sposob uborki rasteniy. Bozorov E.O. i dr. Zaregistr. R.Uz. 11.03.1996.
38. Rekomendatsii po bor'be s mnogoletnimi kornevishnimi sornyakami . SAXIIMESX GSKB po mashinam po xlopkovodstvu. Rekomendatsii Gosagroproma SSSR po vnedreniyu dostijeniy nauki i praktiki v proizvodstve. Referativniy sbornik. Vip. №1. – M., 1987. – s. 12-14.
39. Slavinskiy E.M., Kolchina A.M., Taratinseva L.S. Texnicheskiy uroven' ispol'zovaniya mashin dlya vozdelivaniya i uborki xlopchainika. Obzornaya informatsiya Gosagroprom a SSSR. M.: Agro – NIITEITTO. 1988. – s. 6-12.
40. Djurayeva L.M. Galloviye nematodi ovoshnix kul'tur i obosnovaniye metodov bor'bi s nimi v otkritom grunte Tadzhikistana: Avtoref. diss... kand. biol. nauk. – M., 1982. – s. 22.
41. Ivanova N.V. Bor'ba s vreditelyami. Kniga. Moskva 2017. S. 21-22.
42. Karaxanov A. Issledovaniye i bosnovaniye parametrov texnologii raboti ognevogo kul'tivatora. Dis. ... kand. texn. nauk. – Tashkent 1970. – s. 5-48.
43. Thomson W.T. Agricultural chemical Book H. J.J.Herbiedes. Pew. 1980-87. V. 2. P. 234-237.
44. Cilmore T.P. Safety system for destryuyung apparatus (Pat SSHA « 243b 841 kl AOI-M 21/ooyu zayavl. 16.03.81. opubl. 13.07.82. №4. P. 338-744.
45. Aleyeva B.G., Xalilov K. Ispol'zovaniye gerbitsidov na sornyakax v xlopkovix posevax kak odna iz mer integrirovannoy zashiti rasteniy. Tashkent 1981. – Vip.96.
46. Abdullayev, M. Sh. "Automation of the process of drying Amaranth-based feed pellets." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2612. No. 1. AIP Publishing, 2023.
47. Pulotova, M. R., and M. Sh Abdullayev. "The use of black box method in automation of drying process of feed granules on the basis of amaranth." *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal* 11.4 (2021): 1011-1018.
48. Абдуллаев, М. Ш., С. Йўлдошев, and III. Рўзибоев. "Автоматизация процесса полива амаранта в небольших хозяйствах." *Экономика и социум* 3-1 (82) (2021): 370-373.
49. Абдуллаев, Миршод Шухратович. "Спринклерное орошение растений амаранта в условиях Узбекистана." *Universum: технические науки* 5-3 (86) (2021): 59-60.
50. Усманов, Ж. И., & Абдуллаев, М. Ш. (2022). Совершенствование полупроводниковых устройств. *Universum: технические науки*, (4-10 (97)), 37-40.
51. Абдуллаев, М. Ш., & Хакимов, М. М. (2021). Перспективы использования солнечной энергии для автоматизации вертикальных скважин в условиях Узбекистана. In *Управление качеством на этапах жизненного цикла технических и технологических систем* (pp. 15-19).

52. Abdullayev Mirshod Shuxratovich. (2021). Yonish va aralashtirish kameralari material va issiqlik balanslari asosida ozuqa granulani quritish jarayonini matematik modellashтирish. Eurasian Journal of Academic Research, 1(9), 234–237. извлечено от <https://www.in-academy.uz/index.php/ejar/article/view/138>

53. Миршод Абдуллаев Технология продовольственных продуктов Универсум: технические науки 2021 5-3 (86) Ст 59-60

## ИСПЫТАНИЯ ПОЛУОТКРЫВАТЕЛЯ УКРЫТЫХ ВИНОГРАДНИКОВ ПОЧВОЙ

**A.T.Musurmonov** - Научно исследовательский институт садоводства, виноградарства и виноделия Ташкент, Узбекистан

**J.N.Faiziev** – Научно исследовательский институт садоводства, виноградарства и виноделия Ташкент, Узбекистан

**X.B. Utaganov** – Научно исследовательский институт садоводства, виноградарства и виноделия Ташкент, Узбекистан

**Sh.Sh.Mirzakhodjaev** - Ташкентский Аграрный университет, Ташкент Узбекистан.

**M. Allanazarov** - Ташкентский Аграрный университет, Ташкент Узбекистан.

E-mail: azzam61@mail.ru

**Аннотация.** В статье изложены изложены полевые испытания лозооткрывочного приспособления укрытых виноградников по осевой, определены что с увеличением поступательной скорости выше 0,5 м/сек и при влажности 17,5-26,4 %, твердости 0,60-0,92 мПа почвенного вала на глубине 25-30 см приводит к эффективному увеличению производительности, уменьшению затраты труда на 45-50%.

### 1. Введение

Наиболее широко и повсеместно распространенный способ укрытия виноградной лозы - земляным валом, который формируется высотою 25-35 см. В некоторых хозяйствах, укрывающих виноградники без пригибания лозы, его увеличивают до 50-60 см. [1]. Другие материалы - доски, соломенные маты, толь, полимерные пленки и т. п. являются экономически невыгодными и, если применяются, то только на очень небольших участках. Для целей механизации процесса укрытия и открытия виноградников наиболее пригоден мягкий пленочный материал, легко образующий рулоны, удобные для хранения, транспортировки и машинного расстила на укрываемых рядках.

Открытие кустов винограда весной - более сложный технологический процесс, чем их укрытие, так как механизированным способом, не повредив укрытого виноградного растения.

В настоящее время для механизации процесса открышки виноградников применяется приспособление МПВ-1 в варианте сборки «полуоткрытие». Однако оно не обеспечивает полной механизации открышки кустов, так как за два прохода им отбирается 50-60% почвы из укрывного вала, а остаток почвы удаляется либо вручную, либо посредством воздушной струи, создаваемой воздуходувкой [1,2].

При разработке конструкции открышочных машин в первую очередь учитывается способ укрытия кустов и технологический процесс открытия:

- 1) полуотпашка земельного вала;
- 2) снятие почвенного слоя верхней части вала до обнажения лозы;
- 3) первоначальное поднятие лозы и подвязка ее к шпалере с последующей планировкой почвы;
- 4) рыхление верхней части вала с одновременным выбором почвы из под лозы у основания вала;
- 5) рыхление и перемещение почвы с боковой части вала в борозду, образованную при полуотпашке вала;
- 6) разрушение вала и перемещение почвы струей воздуха.

По применяемым в настоящее время технологиям этот процесс выполняют за два и более проходов по каждому междурядью. Предварительно отпахивают валы машиной МПВ-1. Затем остатки почвы удаляют пневмо-машиной ТОМ-0,45А и др.

При дооткрытии виноградников в пневмолозооткревателем общее количество повреждений на кустах меньше, чем при ручном. После работы пневмооткревателей в междурядьях планировка не требуется. Проведенные подсчеты экономической эффективности механизированной открышки виноградников показали, что экономия от применения пневмолозооткревателя. Широкое внедрение пневмолозооткревателей при дооткрытии кустов виноградника весной, дает возможность значительно сократить сроки открытия виноградников и полностью ликвидировать ручной труд на этой операции.

## **2. Материалы и методы**

Укрывной вал является неоднородной средой. После укладки и засыпки почвой виноградных кустов побеги и рукава сплетаются с почвой, образуя армированную сетку. Разработка средств механизации для удаления почвы от такой среды и освобождение побегов и рукавов лоз без нанесения им ощутимых механических повреждений является весьма сложной задачей.

С целью оптимального решения вопроса механизации открышки виноградников, научные работники НИИСВиВ им. акад М.М.Мирзаева совместно с конструкторами “ВМКБ-Agromash” АО разработана

лозооткрывочная приспособление UYOM-1, позволяющая сократить количество проходов агрегатов и способствовать повышению агротехнических показателей открывки (Рисунок 1.) [2,3].

Лозооткрывочная машина UYOM-1 предназначена для открывки виноградных кустов, укрытых на зиму земляным валом. Она может применяться на шпалерных виноградниках с шириной междурядий 3,0 метров, расположенных на равнинах и на пологих склонах крутизной до 6°.



**Рисунок 1. Лозооткрывочное приспособление UYOM-1.**

Работает машина следующим образом - агрегат въезжает в междурядье, пахотные корпуса и перемещают почву к середине междурядья, оставляя за собой борозду, в которую лемеха и с отпашниками последовательно перемещают почву укрывного вала, открывая виноградник и выравнивает рельеф междурядья.



**Рисунок 2. Лозооткрывочное приспособление UYOM-1 в работе.**

При встрече лемехов и с препятствием (корнештамбом, шпалерным столбом и др.), последниегибают его, вращаясь вокруг осей стоек, и при объезде пружинами возвращаются в исходное положение. на лемехах и снижают повреждения корнештамбов.

Машина агрегатируется с колесным тракторами класса 1,4-2 кН.

Лозооткрывочная машина UYOM-1 была испытана в двух зонах республики в фермерском хозяйстве «Санжар» Паркентском тумане Ташкентской области и научно-опытной станции «Чархин» НИИСВиВ им акад М.Мирзаева Самаркандской области.

Обе зоны отличаются почвенными условиями. Однако характеру рельефа местности, биологическим особенностям **возделываемых сортов**, укрывные виноградники республики находятся в более благоприятных условиях.

Лабораторно-полевые испытания лозооткрывочной машины проводились в соответствии с требованиями OzSt 3235-2017 «Машины и орудия для обработки почвы в виноградниках. Методы испытаний» [4].

В обеих зонах испытания проводились в сравнении с серийным приспособлением МПВ-1 в варианте сборки «половоткрытие» на различных агрофонах, отличающихся твердостью и влажностью почв. В зоне Самаркандского вилоята испытания были проведены также при различных способах предшествующей обработки почвы. Как видно из таблицы, по твердости почвы зона Паркентского тумана существенно отличается от почв зоны Самаркандского вилоята (Рисунок 3).



**Рисунок 3. Вид укрывного вала после прохода лозооткрывочного приспособления UYOM-1.**

На испытаниях UYOM-1 были определены агротехнические, энергетические, экономические и другие показатели.

С целью оценки показателей отдельных рабочих органов, степень отбора почвы из укрывного вала определялась:

- после прохода лемеха с отпашниками;
- после прохода с пахотными корпусами, отпашниками и вентилятором (Рисунок 4.).



**Рисунок 4 Машина для открывки виноградной лозы воздушным потоком.**

Степень открывки виноградных лоз и повреждения штамбов и рукавов определялась путем подсчета открытых и поврежденных кустов на подопытном загоне. Степень повышения эрозионно опасных частиц в поверхностном слое почвы определялась путем механического анализа почвы.

### 3. Результаты

Из таблицы видно, что машина UYOM-1 в основном удовлетворяет предъявляемым агротехническим требованиям на качество открывки. Например, в зоне Паркентского тумана степень открывки машиной UYOM-1 в различных условиях составляет 96-98%. В этих же условиях эталонная машина МПВ-1 в варианте сборки «половинка» выносит из укрывного вала только 37-44% почвы, хотя и удовлетворительные, однако сравнительно низки и в среднем составляют 91-95%. Это объясняется тем, что здесь размеры укрывных валов значительно превышают размеры установленные агротребованиями.

Результаты испытаний по определению выноса почвы из укрывного вала только отпашниками показывают, что они отбирают незначительное количество почвы. Так, по данным испытаний в зоне Самаркандинского вилоята вынос почвы из укрывного вала отпашниками составляет 1,6-1,8%, было установлено также, что при наличии отпашников процент повреждаемости лоз значительно возрастает: если обтир коры на лозе при работе с дисками составляет 3,5%, то после прохода отпашников - до 8,4%. Низкая эффективность от применения отпашников в зоне Самаркандинского вилоята объясняется тем, что кусты здесь более развиты, осеннюю обрезку их перед укрывкой не производили, поэтому размеры уложенных пучков были вдвое больше, чем в зоне Паркентского тумана,

Установлено также, что открывка отпашниками двух полурядьев, в частности при значительных отклонениях ширины между рядами, приводит к снижению маневренности агрегата и увеличению повреждаемости виноградных кустов [5-14].

Таким образом, можно заключить, что машина UYOM-1 в основном удовлетворяет агротехническим требованиям **открывки** виноградных кустов,

укрытых на зиму земляным валом и пригодна для сельскохозяйственного производства зон укрывного виноградарства Паркентского тумана и Самаркандинского вилоята.

Таблица.

**Результаты сравнительных испытаний**

№ п/п	Наименование показателей	По зоне Паркентского тумана			По зоне Самаркандинского вилоята		
		UYOM-1	МПВ-1	UYOM-1	I МПВ-1		
		Проход с вентилятором	Проход без вентилятора	два технологических прохода	Проход с вентилятором	Проход без вентилятора	два технологических прохода и один проход вентилятором
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Марка трактора	ТОМ-0,45	МТЗ-82.1	TL-100 "New Holland"	ТОМ-0,45	МТЗ-82.1	ТОМ-0,45
2	Скорость движения агрегата, км/ч	1,5	2,0	3,8	1,5	1,5	4,0
3	Возраст насаждения, лет	12-16			10-12		
4	Ширина укрывного вала, см	80-135			90-140		
5	Отклонение, ширина междурядьев и кустов от прямолинейности, см	10-22			10-35		
6	Влажность почвы в % на глубине 25-30 см.	16,4-30,9			16,2-28,6		
7	Твердость почвы, мПа по оси укрывного вала на глубине 25-30 см.	0,75- 0,9			0,60-0,95		
8	Тип почвы	Типичный сырозем			Серозем		
9	Количество одновременно обраба тываемых укрывных валов, шт.	1	1	Два полу- ряда	1	1	1
10	Ширина междурядий, м	3	3	3	3	3	3
11	Открыто кустов на 90-100%						
1	2	3	4	5	6	7	8
	Опыт 1	95,2			92,8		79,8
	Опыт 2	98	-	-	93,8	-	80,2
	Опыт 3	98	-		96,7	-	91
12	Вынесено почвы из укрывного вала, %						

	Опыт 1	60			88,8	55,2
	Опыт 2	85	42	-	88,3	50,0
	Опыт 3	-	70	-	77,0	62,0
13	Повреждение виноградных кустов, %					
	а) облом однолетних побегов;	2,2	<b>2,0</b>	-	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>
	б) облом рукавов;	-	0,2-0,4	0,2 -0,9	-	0,3-0,5
14	в) содрана кора на лозе.	-	1,2-3	2,1-4,1	-	3,5-8,4
	Повышение содержания эрозионных частиц» %	1,2-4,58		-	5,6-6,8	-
						11,2-16,5
						4,8-6,4

В качестве эталона для экономической оценки лозооткрывочной машины UYOM-1 выбраны приспособление МПВ-1 и пневмораскрыватель опытного производства ТОМ-0,45А.

#### 4. Заключение

Таким образом, применение машины UYOM-1 позволяет сократить количество проходов, чем и предотвращается излишнее уплотнение почвы междурядий и способствует существенному снижению трудовых затрат. При этом затраты труда в расчете на один гектар на 45-50% меньше, чем по эталонному комплексу. В дальнейшем экономическую эффективность машины UYOM-1 можно повысить путем повышения производительности и снижения ее стоимости за счет уменьшения общей металлоемкости.

#### References

- [1] Джавакянц Ю.М., Горбач В.И. Виноград Узбекистана. - Ташкент: «Шарк», 2001.-240 с.
- [2] Разработка высокоэффективных ресурсосберегающих технических средств для возделывания садов и виноградников: Отчет о НИР ҚХ-Атех-2018-(226+230) /М.М.Мирзаев номидаги БУвАТИ / Мусурмонов А.Т.- Тошкент, 2018. – 79 с.
- [3] Патент УзР. № FAP 01566. Приспособление для открышки виноградников / Арипов А.О., Мусурмонов А.Т., Файзулаев А., Тухтаров Р.А. // Бюллетень № 1. – 2021. - 94 с.
- [4] OzSt 3235-2017 «Машины и орудия для обработки почвы в виноградниках. Методы испытаний»-Т. 2017. - 137 с.
- [5] A.T.Musurmonov., Sh.Olimov, Studies of the Working body for inter – shutter tillige in vineyard rows. / International journal of biologicalengineering and

agriculture Vol/1 №4, 1-4 (2022) / Retievid from <https://inter-publisheng.com/index.php/IJBEA/article/view/118>.

- [6] Musurmanov A.T., Арипов А.О. Development and Implementation of a New Resource-Saving Universal Machine for Vineyard Expedition. // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology –Vol.6, Issue 5, May 2019.- P.392-397.
- [7] A T. Musurmonov, Sh K. Olimov. Experimental study of the dynamics of the hydrotracking system of the rotary share of a garden cultivator.// E3S Web of Conferences 486, 07002 (2024) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448607002>.  
[AGRITECH-IX 2023](#).
- [8] X. B. Utaganov, Sh. Mirzakhodjaev, A.T. Musurmonov. Field Tests of a Cultivator Proceeds between Row Soils in Vineyards. // International Journal BIO Web of Conferences Volume 85, 2024 09 january (2024)  
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20248501036>.
- [9] A.T. Musurmonov, X. B. Utaganov, U. O. Ochildev. Mathematical Model of a Vineyard Cultivator. // International Journal of Biological Engineering and Agriculture ISSN: 2833-5376 Volume 03 Number 03 (2024) Impact Factor: 9.51 SJIF (2024): 3.916 [www.inter-pudIshing.com](http://www.inter-pudIshing.com).
- [10] Musurmonov A.T., Fayziev J.N., X.B Utaganov, Sh.T. Rahtakhodjayev. Complex mechanization prospects for fruit and grape cultivation. // American Journal of Bioscience and Clinical Integrity [Volume: 1 | Number: 7 \(2024\)](#)  
<https://biojournals.us/index.php/AJBCI> ISSN: 2997-7347.
- [11] Musurmonov A.T., X.B Utaganov, Sh.T. Rahtakhodjayev. Justification of the scheme of a machine for fertilizer application in pomegranate rows. // American Journal of Bioscience and Clinical Integrity [Volume: 1 | Number: 7 \(2024\)](#)  
<https://biojournals.us/index.php/AJBCI> ISSN: 2997-7347.
- [12] A.T. Musurmonov, X. B. Utaganov, U. O. Ochildev. Mathematical Model of a Vineyard Cultivator. / International Journal of Biological Engineering and Agriculture ISSN: 2833-5376 Volume 03 Number 03 (2024) Impact Factor: 9.51 SJIF (2024): 3.916. [www.inter-pudIshing.com](http://www.inter-pudIshing.com)
- [13] Musurmonov A.T., Fayziev J.N., Utaganov X.B., Rahtakhodjayev Sh.T. Complex mechanization prospects for fruit and grape cultivation. / American Journal of Bioscience and Clinical Integrity [Volume: 1 | Number: 7 \(2024\)](#)  
<https://biojournals.us/index.php/AJBCI> ISSN: 2997-7347.
- [14] Musurmonov A.T., Utaganov X.B., Rahtakhodjayev Sh.T. Justification of the scheme of a machine for fertilizer application in pomegranate rows. / American Journal of Bioscience and Clinical Integrity [Volume: 1 | Number: 7 \(2024\)](#)  
<https://biojournals.us/index.php/AJBCI> ISSN: 2997-7347

## ҚАЙТА ТИКЛАНУВЧИ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИДА АСОСИДАГИ ЛОКАЛ ЭЛЕКТР ТАРМОҚ ИСТЕММОЛЧИЛАРИНИНГ ИШ РЕЖИМЛАРИ ТАҲЛИЛИ

**Ж.О. Иззатиллаев,** "ТИҚХММИ" Миллий тадқиқот университети доценти,  
Тошкент, Ўзбекистон

**К.Х Валижонова** "ТИҚХММИ" Миллий тадқиқот университети фан  
магистри талабаси, Тошкент, Ўзбекистон

**Аннотация.** Ушбу қайта тикланувчан энергия манбалари асосидаги локал электр таъминоти тизими, унинг афзалликлари шунингдек, танлаб олинган обьект мисолида фотоэлектрик станция асосидаги локал тизимнинг суткалик иш режими таҳлили баён қилинган. Яъни қайта тикланувчан энергия манбалари хусусан ФЭС асосидаги локал электр таъминоти тизимининг режими тез ўзгарувчанлиги, яъни қанчалик актинометрик параметрлар (хусусан қуёш раидацияси)га боғлиқ ҳолда тез ўзагариши, бундай ҳолда локал электр таъминоти тизимида бпайдо бўлувчи турли муаммолар ҳамда тизим ишончлилигини таъминлаш мақсадида қандай чора-тадбирларни амалга ошириш мумкинлиги келтириб ўтилган.

**Калит сўзлар:** энергия тизимлари, қуёш энергияси, қайта тикланадиган энергия манбалари, энергия самарадорлиги, маҳаллий энергия тизими, қайта тикланадиган энергия манбалари.

**Аннотация:** Описана данная локальная система электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии, ее преимущества, а также проведен анализ суточного режима работы локальной системы на основе фотоэлектрической установки на примере выбранного объекта. То есть режим локальной системы электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии, в частности ФЭС, является быстропеременным, то есть быстро меняется в зависимости от актинометрических параметров (в частности, солнечной радиации), и в этом случае упоминаются различные проблемы, которые возникают в локальной системе электроснабжения и какие меры можно предпринять для обеспечения надежности системы.

**Ключевые слова:** энергосистемы, солнечная энергия, возобновляемые источники энергии, энергоэффективность, локальная энергосистема, возобновляемые источники энергии.

**Abstract:** This article describes the local power supply system based on renewable energy sources, its advantages, as well as an analysis of the daily operating mode of a local system based on a photovoltaic plant using the example of a selected object. That is, the mode of the local power supply system based on renewable energy sources, in particular, FES, is rapidly changing, that is, how quickly it changes

depending on actinometric parameters (in particular, solar radiation), in this case, various problems that arise in the local power supply system, and what measures can be taken to ensure the reliability of the system.

**Key words:** power systems, solar energy, renewable energy sources, energy efficiency, local energy system, renewable energy sources.

## 1 Кириш

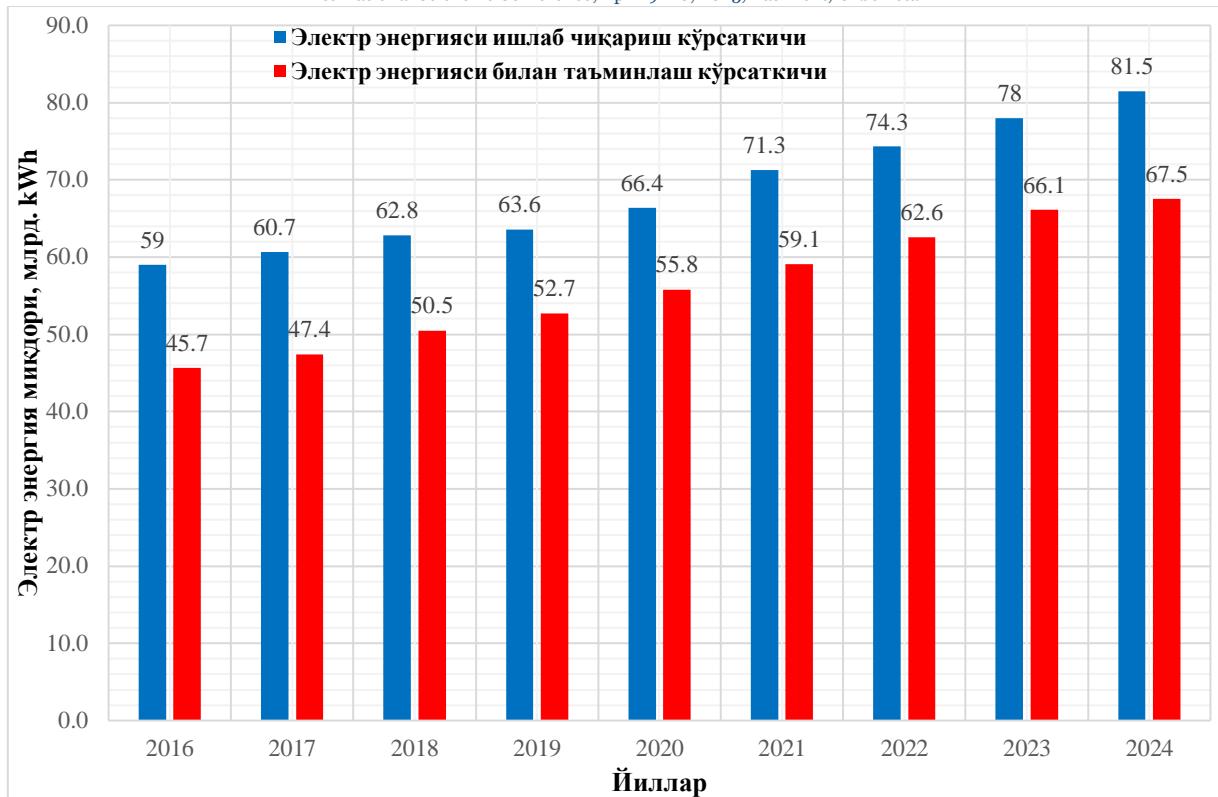
Жаҳон иқтисодиётининг жадал ривожланиши электр энергиясига бўлган талабнинг ошишига сабаб бўлмоқда. Электр энергияси истеъмолининг йилдан-йилга ошиб бориши янги қувватларни ўрнатиш орқали энергияга бўлган талабни қондиришни назарда тутади. Хусусан, 2010 йилда глобал электр энергияси истеъмоли 106 389 TW·h ни ташкил этган бўлса, 2022 йилда 122 778 TW·h қайд этилган. Халқаро энергетика агентлиги (ИЭА) томонидан берилган прогнозга кўра, 2030 йилга келиб электр энергияси истеъмоли 133 889 TW·h ни, 2050 йилда эса деярли 148 889 TW·h ни ташкил этади [1]. 2030 йилга бориб, аҳоли сонининг ўсиши, урбанизация ва иқтисодий ўсиш туфайли глобал энергия истеъмоли бугунги кундагидан 55 фоизга ошиши башорат қилинмоқда.

Башорат натижалари бўйича, 2030 йилгача бўлган даврда Республикада электр энергиясига бўлган талабнинг йиллик ўсиши 6-7 фоизга тенг бўлади.

2024-йилда электр энергияси ишлаб чиқариш ҳажми 2016-йилдагига нисбатан 22,5 млрд kW·h ёки 38 фоиз кўпни ташкил этди (1-расм). Ҳозирги кунда мамлакатимизда ФЭС ва ШЭС ларидан ташқари 41 та ГЭС (2233 MW), 11 та ИЭС (13021 MW), 6 та (2844 MW давлат хусусий шерикчилиги асосида) электр станциялар электр истеъмолчиларига мунтазам электр энергияси етказиб бермоқда.

2030 йилга келиб республика истеъмоли 120,8 млрд. kW·h (2018 йилга нисбатан 1,9 баравар кўп) бўлиши башорат қилинмоқда. Шу билан бирга аҳолининг электр энергиясига бўлган талаби – 21,9 млрд. kW·h, иқтисодий секторнинг электр энергиясига бўлган талаби – 85,0 млрд. kW·h бўлиши кутилмоқда. 2030-йилга келиб аҳоли жон бошига электр энергияси истеъмоли йилига 2,665 kW·h гача ошиши ва 2018-йилдаги 1,903 kW·h га нисбатан 71,4% га ошиши кутилмоқда [2]. Тадқиқотга кўра, аҳолининг электр энергиясига бўлган талабининг ортиб бораётганини ҳисобга олган ҳолда, Ўзбекистон 2035 йилга келиб электр энергиясини ишлаб чиқариш қувватини 70-80% га ошириши керак [3].

Бугунги шароитда қазиб олинадиган қазилма бойликларнинг чекланганлиги, географик захираларнинг фақат маълум минтақаларда мавжудлиги, иқтисодий харажатлар, таъминот хавфсизлиги, мамлакатлар ўртасида санкциялар воситаси сифатида фойдаланиш ва атроф-муҳитга салбий таъсирлар туфайли мамлакатлар электр энергиясини ишлаб чиқаришда қайта тикланувчан энергия манбалари (КТЭМ)га мурожаат қилмоқда [4].



**1-расм. 2016–2024-йилларда республикамида электр энергияси ишлаб чиқариш ва республика истеъмолчиларини электр энергияси билан таъминлаш кўрсаткичлари.**

ҚТЭМларидан фойдаланиш технологиялари ҳозирги вақтда кенг миёсда фойдаланишга тайёр ва жаҳоннинг энергияга бўлган талабини қондириш имкониятига эга. ҚТЭМларидан фойдаланиш инвестиция капиталларини жалб қилиш ва янги иш ўринларини яратиш орқали маҳаллий иқтисодиётни рағбатлантиради. ҚТЭМлари аҳолини узун электр узатиш линияларини қуриш ва қазиб олинадиган ёқилғида ишлайдиган янги электр станцияларини қуришдан кўра арzonроқ энергия билан таъминлаши мумкин, шунингдек, ёқилғи импортига бўлган эҳтиёжни четлаб ўтиб, иқтисодий ривожланишга ёрдам бериши мумкин.

ҚТЭМларини ривожлантиришнинг асосий мақсади экологик мувозанат ва ижтимоий-иқтисодий барқарорликни сақлаган ҳолда ўлканинг табиий энергия ресурсларидан оқилона фойдаланиш ва қуидаги муаммоларни ҳал қилишдан иборат бўлиши керак:

- ҚТЭМларидан фойдаланган ҳолда аҳоли турмуш даражасини ошириш, хорижий инвестициялар ва илгор хорижий технологияларни жалб қилиш;
- маҳаллий энергетика базасини ривожлантириш;
- электр энергияси ишлаб чиқариш нархларини барқарорлаштириш ва узлуксиз электр таъминотини таъминлаш;
- Ўзбекистоннинг баланд тоғли ҳудудларида ўтин-ёғочга бўлган талабнинг пасайиши, ўсимлик қопламининг қисқариш жараёнининг

секинлашиши ҳамда ўсимлик ва ҳайвонот дунёсининг ноёб турларининг йўқолиб кетиши;

- электр энергиясини ишлаб чиқариш, тақсимлаш ва сотиш ҳамда ундан самарали фойдаланиш соҳасида малакали маҳаллий кадрларни тайёрлаш.

Бироқ, қуёш ва шамол каби узлукли энергия манбаларида ишлайдиган технологияларнинг генерация схемаси анъанавий технологиялардан фарқли ўлароқ, кучли, тез ва олдиндан айтиб бўлмайдиган даражада ўзгариши мумкинлиги яхши маълум, улар учун генерация электр энергиясига бўлган талабнинг ўзгариши асосида маълум вақт ичидаги маълум миқдордаги энергия олиш учун мослаштирилиши мумкин. Натижада, тармоқ барқарорлиги муаммолари шамол ёки қуёш энергияси кутилмагандага мавжуд бўлмаган ва/ёки тармоқ операторларига электр энергиясига бўлган энг юқори талабни қондириш учун истеъмол чўққисидан ташқарида ишлаб чиқарилган арzonроқ энергиядан фойдаланиш имконини берувчи энергия истеъмолини бошқариш хизматларини кўрсатмасдан, захира таъминоти бўлмагандага уларнинг тўлиқ салоҳияти даражасига эришиш имконини берадиган миқёсда қайта тикланадиган энергия ресурсларидан фойдаланиш имкониятларини чеклайди.

Бугунги кунда ҚТЭМлари ҳисобига энергия ишлаб чиқариш энергетиканинг энг тез ривожланаётган ўйналиши ҳисобланади [5]. Ушбу турдаги энергиянинг кенг қўлланилиши мамлакатнинг энергетик хавфсизлигини ва жаҳон энергетика тизимидан маълум даражада мустақиллигини таъминлайди.

ҚТЭМлари асосида генерацияни ривожлантиришни кўриб чиқиш учун у қуйидагича шакллантирилади:

1. Энергетика тизимининг мавжуд ҳолатини таҳлил қилиш;
2. Электр энергияси истеъмоли ва генерациясининг башоратлаш даражалари;
3. Қувват ва электр энергияси баланси;
4. Қуйидаги мезонлар бўйича оқилона жойлаштиришни танлаш:
  - бирламчи энергия ресурсларининг мавжуд салоҳияти;
  - қўшни ташқи энерготизим ҳолати;
5. Вариантлар бўйича электр режимларини ҳисоблаш;
6. Кучланиш оғишини таҳлил қилиш;
7. Вариантларни техник-иктисодий жиҳатдан тақослаш;
8. Вариант танлаш, хулосалар ва асосий тавсиялар.

Бутун дунёда бўлгани каби, Ўзбекистонда ҳам энергияга бўлган талабнинг ўсиши ва аҳоли сонининг кўпайиши ҚТЭМларига бўлган талабни оширади [2]. Ўзбекистонда ҚТЭМлари (шамол, қуёш, сув, геотермал ва х.к.) мавжуд бўлиб, улардан оптималь фойдаланиш муҳим аҳамият касб этади. Ўзбекистонда ҚТЭМларининг техник имконияти 176 миллион тонна нефть эквивалентини (т.н.э.) ташкил этади, унинг 98,5 фоизи қуёш энергетикасининг

улушига тўғри келади [6]. Мутахассисларнинг ҳисоб-китобларига кўра, Ўзбекистонда фотоэлектрик станцияларни қуриш орқали жами боо миллиард kW·h электр энергияси ишлаб чиқариш имкониятига эга. Мамлакатимизнинг умумий энергия эҳтиёжидан 8 баравар кўп энергия ишлаб чиқариш мумкин [7].

ҚТЭМларини интеграциялашнинг асосий муаммоларидан бири марказлаштирилган электр таъминотидан осонгина воз кечиш учун ускуналарнинг юқори нархи ҳисобланади. Ҳисоб-китоблар шуни кўрсатадики, ҚТЭМни фақат локал электр тармоғига уланиш имкони бўлмагандан қўллаш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқдир. Вазият яна шу билан мураккаблашадики, ҚТЭМ қурилмаларининг ишлаши учун ўз навбатида катта миқдордаги ёрдамчи ускуналар (тўғрилагичлар, аккумуляторлар, инверторлар ва бошқалар) талаб қилинади, бу эса нафақат тизимнинг нархини оширади, балким электр таъминоти схемасини ҳам мураккаблашишига олиб келади.

Энергияни заҳиралаш ҳали ҳам энергетиканинг асосий муаммоларидан бири бўлиб қолмоқда. Ҳисоб-китоблар шуни кўрсатадики, ҚТЭМ қурилмаларидан самарали фойдаланиш учун зарур бўлган аккумулятор батареяларининг нархи қурилманинг нархи билан таққосланиши мумкин. Ҳозирги кунда мамлакатимизда қурилиши режалаштирилаётган катта қувватли деярли барча ФЭС энергия заҳиралаш тизими билан биргаликда ўрнатилмоқда.

Генерация қувватларининг назоратсиз уланиши, гарчи кичик қувватли бўлса-да, энергияни назорат қилишда, ишлаб чиқаришни башорат қилишда қийинчиликларга ва натижада ишдаги узилишларга олиб келади.

Ушбу муаммоларнинг ечимларидан бири локал электр тармоқларида ҚТЭМларидан фойдаланишdir. Локал ёки маҳаллий электр тармоғи деб саноатда, қишлоқ хўжалигида ва бошқа жойларда электр энергияси истеъмолчиларини электр энергияси билан таъминлаш учун кўпи билан 15-30 км радиусдаги қучланиши 35 кВ гача бўлган тармоққа айтилади. Бу радиал, магистраль ёки ёпик (ҳалқасимон) тармоқ бўлиши мумкин. Анъанавий энергия тақсимоти схемасида ишлаб чиқарувчи қувватлар истеъмолчидан бир неча ўнлаб ва ҳатто юзлаб километр узоқликда жойлашиши мумкин. Шундай қилиб, қувватларни жуда узоқ масофаларга узатиш зарурати туғилади, натижада электр энергиясининг 5 дан 10% гача йўқотилади, айрим ҳудудларда бу кўрсаткич 20% гача етиши мумкин [8]. Муаммони энергия узатишда қучланиши ошириш орқали ҳал қилиш мумкин, бу эса тармоқни реконструкция қилиш учун катта харажатларни талаб қиласи ёки ишлаб чиқарувчи қувватларни истеъмолчига яқинроқ жойга кўчириш орқали ҳал қилиш мумкин.

## 2 Материаллар ва муҳокама

Канадада локал электр таъминоти тизимларининг улуси 7% ни, АҚШда 12% ни, Европа Иттифоқи мамлакатларида ўртача 10% ни [9-11], Россияда эса умумий ўрнатилган қувватнинг 7-10% ни ташкил этади [12].

Локал электр таъминоти тизимлари (маҳаллий ФЭС) одатда агросаноат сектори ҳудудларида, қишлоқ хўжалиги ва ижтимоий мақсадлардаги мавсумий объектларда, камдан-кам хизмат кўрсатиладиган маҳсус объектларда, кичик аҳоли пунктларида, дам олиш масканлари (оромгоҳлар)да шунингдек, шаҳар шароитида истеъмолчиларни электр энергияси билан таъминлайдиган ишончли ва тежамкор комплекслар сифатида қаралади [13-14].

ҚТЭМ асосидаги локал электр тармоқлари, одатда, марказлаштирилган энергия таъминоти билан қамраб олинмаган ҳудудларда шакллантирилади, автоном энергия таъминоти вазифасини бажаради ва қайта тикланадиган ресурслардан фаол фойдаланиш билан боғлиқ афзаликларга эга бўлади.

Локал электр таъминоти тизимлари (ЛЭЭТ)нинг ишлашига қуйидаги хусусиятлар хосдир [15]:

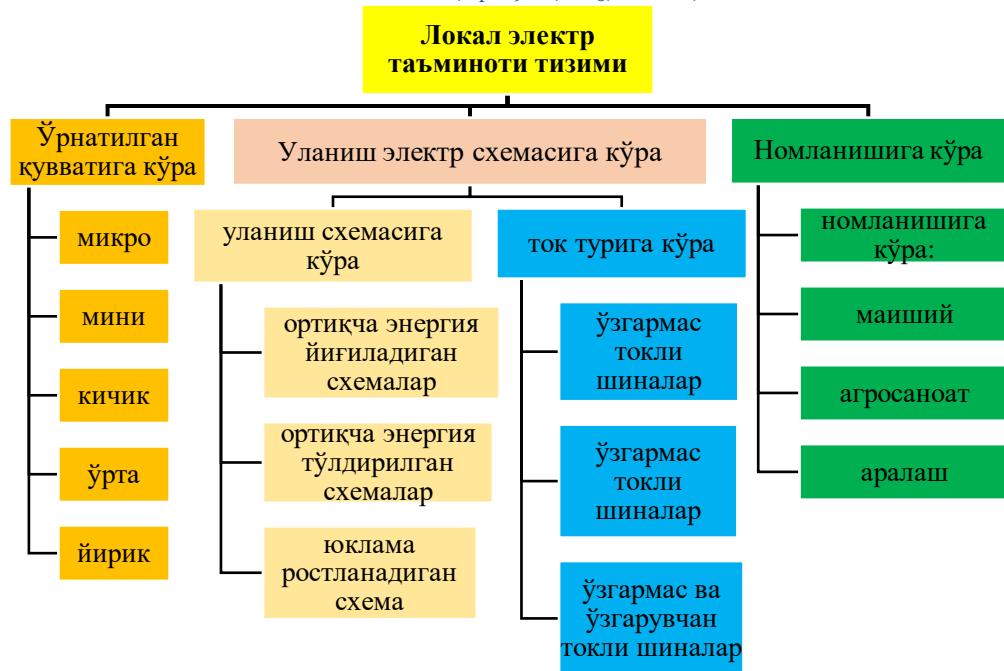
1. Техник хизмат кўрсатиш пунктларидан узоқлиги.
2. ҚТЭМларини кириб келишининг стохастик тавсифи.
3. Мураккаб (экстремал) шароитларда эксплуатация қилиш.

Юқоридаги хусусиятлар билан боғлиқ ҳолда локал электр таъминоти тизимларини эксплуатация қилиш ускуналарга ўзига хос талабларни қўяди. Кичик қувватли истеъмолчилар учун ҚТЭМ асосида локал электр таъминоти тизимларини яратиш ва улардан фойдаланишнинг мақсадга мувофиқлиги асосан қуйидаги сабаблар билан боғлиқ:

- 1) истеъмолчиларнинг манбадан қисқа масофада жойлашганлиги сабабли йўқотишларнинг камлиги;
- 2) мавжуд электр узатиш линияларини юксизлантириш;
- 3) манбалар сонининг ортиши ҳисобига электр таъминотининг ишончлилигини ошириш;
- 4) ёқилғи бозоридаги нархларнинг беқарорлиги;
- 5) четдан келтирилган ёқилғида ишлайдиган генератор қурилмаларининг катта паркини сақлашнинг иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ эмаслиги.

ЛЭТГларидан фойдаланиш кўламини кенгайтириш ишлаб чиқарилаётган электр энергияси таннархини янада пасайтириш имкониятлари, шунингдек, экологик тоза қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини ишлаб чиқариш учун ҚТЭМларидан фойдаланган ҳолда ЛЭТГ асосидаги электр таъминоти технологиясини қўллашнинг жуда катта имкониятлари туфайли яхши истиқболга эга бўлиб, бозорда унга бўлган эҳтиёж тобора ортиб бормоқда.

ЛЭТГлар, одатда, умумий ўрнатилган қувват бўйича ва уланишнинг электр схемаси тури, шунингдек, вазифаси бўйича таснифланади. ЛЭТГларнинг таснифи 2-расмда келтирилган.



2-расм. Локал ЭТТлар таснифи

Энергия қурилмаларининг жами ўрнатилган қувватига қараб қуйидагиларни ажратиб кўрсатиш мумкин [16]: 1) микро ( $\Sigma P_{\text{урн}} \leq 0,1 \text{ MW}$ ); 2) минимал ( $\Sigma P_{\text{урн}} \leq 1 \text{ MW}$ ); 3) кичик қувватли ( $\Sigma P_{\text{урн}} \leq 5 \text{ MW}$ ); 4) ўртача қувват ( $5 \text{ MW} \leq \Sigma \Sigma P_{\text{урн}} \leq 10 \text{ MW}$ ); 5) йирик ( $\Sigma \Sigma P_{\text{урн}} > 30 \text{ MW}$ ).

ҚТЭМлари асосидаги локал электр тармоқлари истеъмолчиларининг иш режимларини бошқариш бир нечта омилларга бевосита ва билвосита боғлиб бўлиб, ўз навбатида бир нечта жиҳатларни ўз ичига қамраб олади. Жумладан:

**Тармоқдаги юклама ва атроф-муҳит ҳолатини таҳлил қилиш.** Бошқариш тизими шамолнинг йўналиши ва тезлиги, қуёш радиацияси, сув босими ва бошқа параметрларни таҳлил қиласида. Олинган маълумотлар асосида оптимал генерация манбани танлаш алгоритми амалга оширилади.

**Ўринбосар генерацияни киритиши.** Шамол оқими, қуёш радиацияси ёки сув босими етарли бўлмагандаги локал тармоқка ўрнини босувчи электр энергия манбай (генерация) киритилади. Магистрал тармоқнинг қуввати шундай чиқарилади, бунда микротармоқда асосий генерация манбай сифатида ҚТЭМларидан олинадиган генерациядан максимал даражада фойдаланилади.

**Ортиқча қувватни тиклаш.** Маҳаллий ҚТЭМларидан олинадиган қувват ортиқча бўлган тақдирда, у электр энергиясини магистрал тармоқка узатиш тизими орқали рекуперация қилинади.

**Бошқа манбалардан генерация киритиши.** Тармоқдаги энг юқори юкламада, агар қайта тикланувчи энергия манбаларидан олинадиган генерация қувватлари етарли бўлмаса, шунингдек магистраль тармоқка уланмаган тақдирда, генерация тармоғига бошқа манбалардан киритиш амалга оширилади.

ҚТЭМлари асосидаги локал электр тармоқ истеъмолчиларининг иш режимларини бошқариш учун технологик жараённи бошқаришнинг автоматлаштирилган тизимлари (ТЖАБТ) ҳам қўлланилади. Улар технологик параметрларни автоматик ростлашни, ускуналар ҳолатини назорат қилишни, технологик параметрларнинг белгиланган қийматлардан оғишини ўз вақтида аниқлашни, технологик ва авария сигнализациясини таъминлайди.

Тадқиқот обьекти сифатида Наманган давлат техника университетининг 3-биноси, яъни обьект университетда таълим олувчи талабаларнинг умумий овқатланиш биноси ҳисобланади. Бино том қисмига ўрнатилган 30 кВли ФЭСнинг умумий қўрриниши 3-расмда келтирилган.



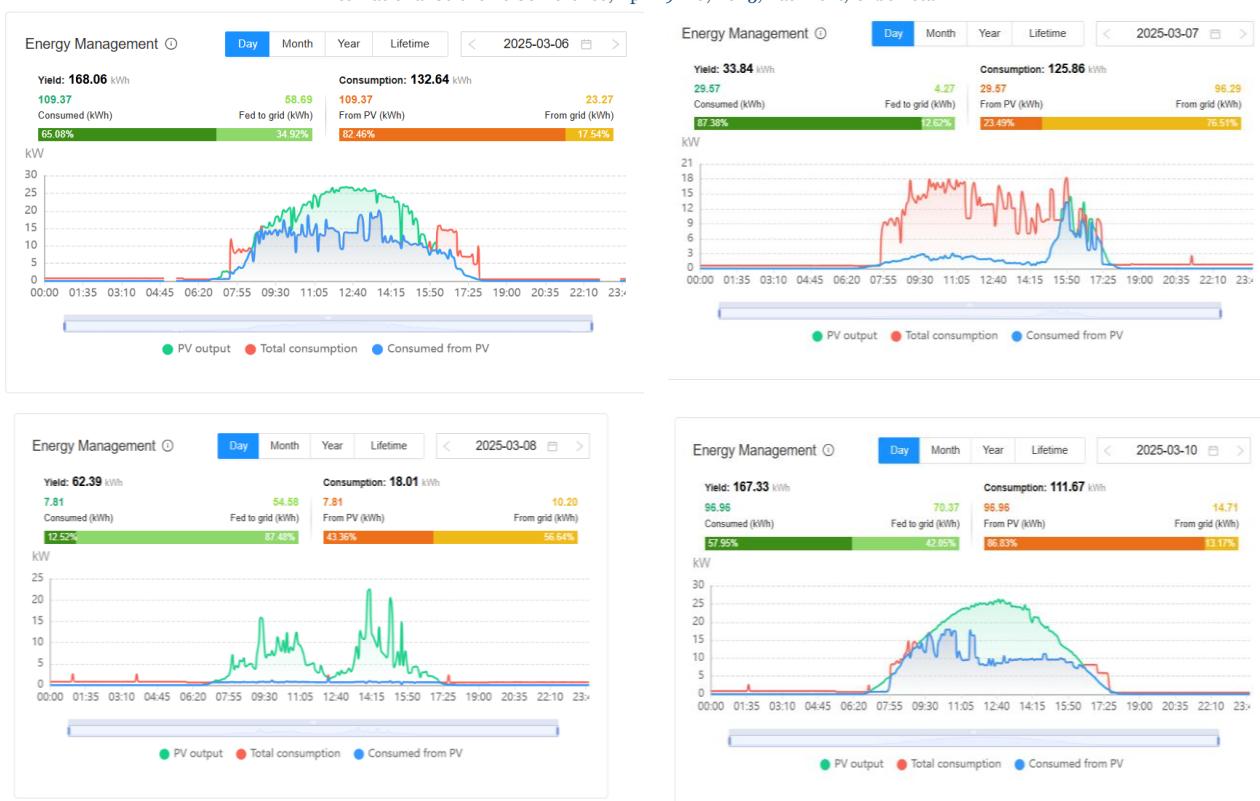
3-расм. Университет том қисмига ўрнатилган 30 кВли ФЭС

Ушбу фотоэлектр станциясида Huawei компаниясида ишлаб чиқарилган битта SUN2000-30KTL-M3 инвертор ўрнатилган. Ушбу интеграциялашган дастурий таъминот тизимлари лойиҳалаш жараёнида, шунингдек, электр энергетика тизимларининг самарали ишлаши ва электр тармоғини режалаштириш режимлари учун ҳисоб-китобларни амалга ошириш имкониятига эга.

### 3 Натижа ва муҳокама

Жорий йилнинг дастлабки икки ойида ушбу ФЭС 4727 kW·h миқдорида электр энергияси ишлаб чиқарди, бино электр энергия истеъмоли эса 5494 kW·h ни ташкил этди. Ушбу ФЭС on grid тизимда ишлаши сабабли, қувват танқислиги вужудга келган вақтларда электр энергияни тармоқдан олади, аксинча электр энергияси ортиқ бўлганда эса университет ички тармоғига узатади.

Синов тариқасида жорий йилнинг об-08 март кунлари бино электр энергия истемолининг ўзгариши ва ФЭС ишлаши таҳлил қилинди (4-расм).



4-расм. ФЭСнинг иш режимининг таҳлили

4-расмдан шуни кўришимиз мумкинки, 6 ва 10 март кунлари ФЭС нормал ҳолатда ишлаган. 7 март куни эса об-ҳавонинг кескин пасайиши ва ҳавонинг булатли бўлиши сабабли ФЭС ишлаб чиқараётган электр энергия миқдори кескин камайган. 8 март куни ФЭС устида булатлар деярли тарқалмаганлиги сабабли иш унумдорлиги паст бўлган, электр энергия истеъмолининг йўқлигининг сабаби эса бу кун байрам ҳисобланганлиги учун ошхона ўз фаолиятини юритмаган.

#### 4 Хулоса

Олиб борилган изланиш натижалари шуни кўрсатадики, дунёда каби мамлакатимизда ҳам ҚТЭМларининг улуши кейинги йилларда кескин ортади ва электр тармоқларига интеграциялашган ФЭСларда иш режимини нисбатан барқарорлаштириш имкониятлари мавжуд. Об-ҳавонинг кескин ўзгарадиган ҳудудлар имкон қадар ФЭСларга марказий ёки маҳаллий тармоқларга интеграциялаш лозим. Шунингдек, марказий электр таъминотига уланиш имконияти чекланган истеъмолчилар эса албатта энергияни заҳиралаш тизимларига эга бўлишлари лозимлигини кўрсатди.

#### Foydalilanilgan adabiyotlar

1. World Energy Outlook 2023
2. CONCEPT NOTE for ensuring electricity supply in Uzbekistan in 2020-2030  
<https://minenergy.uz/en/lists/view/77>

3. <https://kun.uz/ru/news/2023/01/31/do-2035-goda-spros-uzbekistansev-na-elektroenergiyu-budet-rasti-yejyegodno-na-5-53>
4. E. Koç, K. Kaya, "Enerji Kaynakları Yenilenebilir Enerji Durumu," Mühendis ve Makina, 56(668), pp 36-47, 2015.
5. [https://economy-finance.ec.europa.eu/system/files/2023-6/dp187\\_en\\_energy%20markets.pdf](https://economy-finance.ec.europa.eu/system/files/2023-6/dp187_en_energy%20markets.pdf)
6. N. R. Avezovaa, E. Yu. Rakimova, and J. O. Izzatillaev. Resource Indicators Used for Solar Photovoltaic Plants in Uzbekistan Part 1 Applied Solar Energy, 2018, Vol. 54, No. 4, pp. 273–278.
7. <https://minenergy.uz/uz/news/view/1428>
8. Воротницкий В. Э. Измерение, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. Проблемы и пути решения // Нормирование, анализ и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях – 2002 : сб. информационных материалов международного научно-технического семинара . М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. С.
9. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии [Текст]: учеб. пособие / В.В. Елистратов. – СПб.: Изд – во Политехн. ун – та, 2010. – 224 с.
10. Воропай Н. И. и др. Энергетика будущего: комплексные проблемы инновационного развития и управления // ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ В XXI ВЕКЕ. Инновационное развитие и управление. – 2015. – С. 10-21.
11. Decentralised generation technologies: potentials, success factors and impacts in the liberalized EU energy markets. Final report, DECENT. October 2002. 234 p.
12. Воропай Н.И. Обоснование развития электроэнергетических систем: Методология, модели, методы, их использование/ Н.И. Воропай, С.В. Подковальников, В.В. Труфанов и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2015. – 448 с.
13. Прохорова Т.В. Особенности и перспективы развития ветроэнергетики в урбанизированной среде // Вестник Поволжья. 2013. № 2. С. 121-128.
14. Гуревич Ю.Е. Особенности расчетов режимов в энергорайонах с распределенной генерацией: монография / Ю.Е. Гуревич, П.В. Илюшин. – Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2018. – 280 с.
15. Четошникова Л. М. Управление электроэнергией и сервис-ориентированные сети / Л. М. Четошникова, Н. И. Смоленцев, С. А. Четошников // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2012. № 16 (275). С. 98-102.
16. РАХИМОВ Ф.М. Исследование и разработка локальных электроэнергетических систем на базе вертикально – осевых ветроэнергетических установок карусельного типа, Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Душанбе, 2023 стр.165

## ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ УРОВНЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА МАКСИМУМА ПОНТРЯГИНА

**Мухамедиева Д.Т** - "ТИИИМСХ" НИУ, профессор кафедры "Цифровые технологии и искусственный интеллект"

**Раупова М.Х.**- "ЧГПУ", старший преподаватель кафедры "Алгебра и математик анализ"

**Аннотация.** В данной статье рассматривается задача управления уровнем загрязнения окружающей среды на основе принципа максимума Понтрягина. Исследуется оптимальная стратегия минимизации загрязнения к заданному моменту времени при наличии ограничений на интенсивность очистки. Для конкретных числовых данных проводится аналитическое решение задачи, показывающее, что применение максимального уровня очистки позволяет значительно снизить уровень загрязнения по сравнению с отсутствием управления. Полученные результаты подтверждают эффективность подхода оптимального управления для решения экологических задач.

**Ключевые слова:** оптимальное управление, уровень загрязнения, принцип максимума Понтрягина.

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada Pontryaginning maksimum prinsipi asosida atrof-muhitni ifloslanish darajasini nazorat qilish masalasi ko'rib chiqiladi. Ifloslanishni ma'lum bir vaqt oralig'ida minimallashtirish uchun optimal strategiya, shuningdek, tozalash intensivligi bo'yicha cheklolvar tahlil qilinadi. Muayyan sonli ma'lumotlarga asoslangan analitik echim shuni ko'rsatadiki, maksimal tozalash darajasidan foydalanish nazoratsiz holatga nisbatan ifloslanish darajasini sezilarli darajada kamaytiradi. Olingan natijalar ekologik muammolarni hal qilish uchun optimal boshqaruvi usulining samaradorligini tasdiqlaydi.

**Kalit so'zlar:** optimal boshqaruvi, ifloslanish darajasi, Pontryaginning maksimum prinsipi

**Abstract.** This article addresses the problem of controlling environmental pollution levels based on the Pontryagin Maximum Principle. An optimal strategy is proposed for minimizing pollution levels by a specified time under constraints on the intensity of purification efforts. Using specific numerical data, an analytical solution to the problem demonstrates that applying the maximum purification effort significantly reduces pollution compared to the absence of control. The results confirm the effectiveness of the optimal control approach for solving environmental problems.

**Keywords:** optimal control, pollution level, Pontryagin Maximum Principle.

### Введение

**Загрязнение воздуха включает в себя различные химические и физические агенты, такие как твердые частицы (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>), диоксид серы (SO<sub>2</sub>), оксиды азота (NO<sub>x</sub>) и летучие органические соединения. Эти вещества могут не только вызывать прямое повреждение дыхательной системы, но и служить транспортными носителями для вирусов и бактерий, увеличивая вероятность их передачи между людьми [1,2,3]. Исследование [4] рассматривает влияние изменения климата на распространение инфекционных заболеваний. Повышение температуры и изменение режимов осадков могут приводить к изменению концентрации загрязняющих веществ, что в свою очередь влияет на заболеваемость. Работы [5,6] указывают, что уровень загрязнения воздуха варьируется в зависимости от региона и сезона, что важно учитывать при анализе эпидемиологической динамики. Снижение уровня загрязняющих веществ в атмосфере может способствовать уменьшению заболеваемости респираторными инфекциями. Исследования [7,8,9] предлагают различные стратегии контроля, такие как:**

- Искусственный дождь для удаления твердых частиц из воздуха [7].
- Вакцинация и антивирусная терапия для снижения восприимчивости населения [9].
- Контроль выбросов промышленных предприятий и транспорта для уменьшения уровня загрязнения [10].

В [11] разработана модель оптимального контроля, учитывающая затраты на медицинские меры и на снижение загрязнения. Использование принципа максимума Понtryгина позволяет находить оптимальный баланс между экономическими затратами и эффективностью стратегий борьбы с эпидемиями.

Экологические аспекты эпидемиологии становятся все более актуальными в связи с ростом урбанизации и изменением климата. Исследования показывают, что загрязнение воздуха оказывает значительное влияние на распространение респираторных инфекций. Пространственная неоднородность загрязнения и движение частиц влияют на эпидемиологическую динамику. Оптимальные стратегии контроля должны учитывать как медицинские, так и экологические меры. Перспективными направлениями исследований являются разработка комплексных моделей, интегрирующих данные о климате, уровне загрязнения и социальной мобильности, а также применение методов машинного обучения для прогнозирования эпидемий в условиях изменяющейся экологической среды.

Проблема загрязнения окружающей среды является одной из наиболее острых в современном мире. Рост промышленных выбросов, снижение естественной способности природы к самовосстановлению и увеличение антропогенного воздействия требуют разработки эффективных методов управления загрязнением. Одним из подходов к решению этой проблемы является применение методов оптимального управления, позволяющих минимизировать уровень загрязнения при заданных ограничениях на ресурсы.

Принцип максимума Понtryгина является мощным инструментом для нахождения оптимальных стратегий управления динамическими системами. В данной статье рассматривается задача минимизации загрязнения к фиксированному моменту времени с учетом ограничений на интенсивность очистки. Формализуется математическая модель загрязнения, строится гамильтониан, и с помощью принципа максимума определяется оптимальная стратегия управления.

Рассматривается конкретный числовой пример, моделирующий процесс загрязнения и очистки. Проведенный анализ показывает, что применение оптимального управления позволяет добиться значительного сокращения загрязнения к заданному моменту времени. Результаты исследования могут быть использованы для разработки стратегий управления выбросами и очистки в экологической политике и промышленности.

Принцип максимума Понtryгина — это один из ключевых инструментов в оптимальном управлении, который позволяет находить оптимальные управление для систем, описываемых дифференциальными уравнениями. Рассмотрим его в контексте **задачи Майера**.

## Методы

Формулировка задачи Майера.

Рассмотрим динамическую систему:

$$\dot{x} = f(x, u), \quad x(0) = x_0$$

где  $x \in R^n$  — вектор состояния,  $u \in U \subset R^m$  — вектор управления и  $f(x, u)$  — векторное поле, задающее динамику системы.

Цель — минимизировать функционал Майера (зависит только от конечного состояния):

$$J = \varphi(x(T)) \rightarrow \min$$

при заданных ограничениях на динамику системы.

Принцип максимума Понtryгина. Вводится гамильтониан:

$$H(x, u, \lambda) = \lambda^T f(x, u),$$

где  $\lambda \in R^n$  — сопряженные переменные, удовлетворяющие уравнению:

$$\dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial x}.$$

Принцип максимума требует, чтобы оптимальное управление  $u^*(t)$  максимизировало гамильтониан:

$$H(x^*, u^*, \lambda^*) = \max_{u \in U} H(x^*, u, \lambda^*).$$

На финальном времени  $T$  выполняется терминальное условие:

$$\lambda(T) = \frac{\partial \varphi}{\partial x} \Big|_{x=x(T)}.$$

Рассмотрим **оптимальное управление загрязнением окружающей среды**. Пусть есть предприятие, выбрасывающее загрязняющие вещества, и мы хотим минимизировать загрязнение, учитывая экономические затраты.

### 3. Формулировка задачи

1. Пусть  $x(t)$  — уровень загрязнения (например, концентрация вредного вещества),  $u(t)$  — управление (например, инвестиции в очистные сооружения),  $f(x,u)$  — динамика загрязнения и  $C(x,u)$  — затраты на управление. Цель — минимизировать совокупные затраты, включая экологический ущерб и затраты на управление:

$$J = \int_0^T [C(x,u) + kx^2] dt \rightarrow \min.$$

С динамикой системы:

$$\dot{x} = ax - bu, \quad 0 \leq u \leq u_{\max}.$$

Где  $ax$  — естественный прирост загрязнения,  $b u$  — уменьшение загрязнения за счет управления.

Гамильтониан. Вводим сопряженную переменную  $\lambda(t)$ .

2. Гамильтониан:

$$H = C(x,u) + kx^2 + \lambda(ax - bu).$$

По принципу максимума Понtryгина:

$$\frac{\partial H}{\partial u} = \frac{\partial C}{\partial u} - b\lambda = 0.$$

Отсюда оптимальное управление:

$$u^* = \arg \min_{0 \leq u \leq u_{\max}} \left( \frac{\partial C}{\partial u} - b\lambda \right).$$

3. Уравнения сопряженных переменных

$$\dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial x} = -\left( \frac{\partial C}{\partial x} + 2kx + \lambda a \right).$$

4. Оптимальное управление

Если, например,  $C(x,u) = cu^2$ , то:  $\frac{\partial C}{\partial u} = 2cu$ .

Тогда уравнение максимума:

$$2cu - b\lambda = 0 \Rightarrow u^* = \frac{b\lambda}{2c}.$$

С учетом ограничений  $0 < u \leq u_{\max}$ :

$$u^* = \begin{cases} 0, & \lambda \leq 0, \\ \frac{b\lambda}{2c}, & 0 < \frac{b\lambda}{2c} < u_{\max}, \\ u_{\max}, & \lambda > \frac{2cu_{\max}}{b}. \end{cases}$$

Оптимальное управление заключается в динамическом регулировании инвестиций в очистку в зависимости от сопряженной переменной  $\lambda(t)$ , которая определяется уравнением:

$$\dot{\lambda} = -(2kx + a\lambda).$$

Полное численное решение можно найти, подставляя начальные условия и интегрируя систему.

## Результаты

Формулировка числового примера. Пусть у нас есть система загрязнения, управляемая очистными сооружениями.

Параметры:

- Начальный уровень загрязнения:  $x(0) = 10$ .
- Время управления:  $T = 10$  лет.
- Прирост загрязнения без управления:  $a = 0.1$ .
- Эффективность очистки:  $b = 0.5$ .
- Затраты на управление:  $C(u) = cu^2$ , где  $c = 1$ .
- Экологический ущерб:  $k = 2$ .
- Максимальный уровень очистки:  $u_{max} = 5$ .

Функционал:

$$J = \int_0^{10} (u^2 + 2x^2) dt \rightarrow \min.$$

Динамика загрязнения:

$$\dot{x} = 0.1x - 0.5u.$$

Уравнение сопряженной переменной:

$$\dot{\lambda} = -(4x + 0.1\lambda).$$

Принцип максимума:

$$u^* = \frac{0.5\lambda}{2} = 0.25\lambda.$$

С учетом  $0 \leq u \leq 5$ :

$$u^* = \begin{cases} 0, & \lambda \leq 0, \\ 0.25\lambda, & 0 < 0.25\lambda < 5, \\ 5, & \lambda > 20. \end{cases}$$

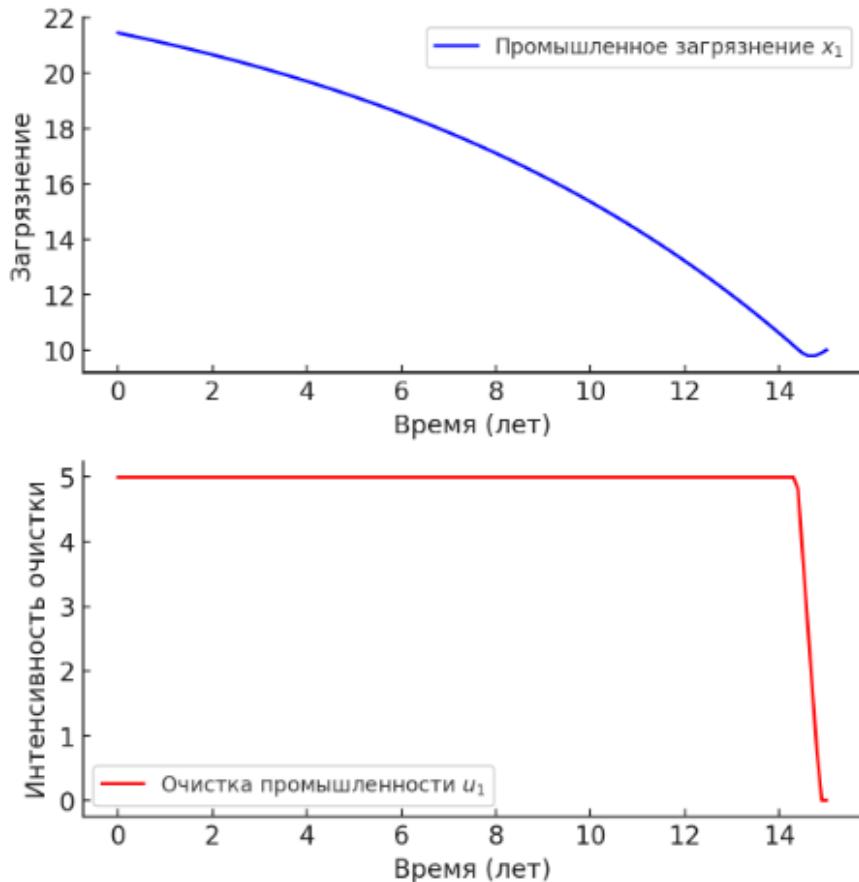
Начальные условия:

$$x(0) = 10, \quad \lambda(0) = 0.$$

Вывод численного решения

1. Промышленное загрязнение  $x_1(t)$  (синий график)

Сначала быстро снижается, затем стабилизируется на низком уровне. Очистка промышленности  $u_1(t)$  (красный график) начинается активно, а потом уменьшается.



## Заключение

В данной работе рассмотрена задача управления уровнем загрязнения окружающей среды с использованием принципа максимума Понtryгина. Была сформулирована математическая модель, описывающая динамику загрязнения при наличии управляемого параметра – интенсивности очистки. Оптимальное управление найдено путем анализа гамильтониана и решения сопряженной системы уравнений. Проведенные расчеты на конкретных числовых данных показали, что применение максимальной интенсивности очистки на всем временном интервале позволяет существенно снизить уровень загрязнения к конечному моменту времени. В частности, если без управления уровень загрязнения к моменту  $T = 10$  составлял около 38.96 единиц, то при оптимальном управлении он снижался до 1.04 единицы. Это подтверждает эффективность использования методов оптимального управления для решения экологических задач. Полученные результаты могут быть применены при разработке экологической политики, регулировании промышленных выбросов и управлении природоохранными программами. Дальнейшие исследования могут быть направлены на учет дополнительных факторов, таких как экономические издержки очистки, случайные возмущения и нелинейные эффекты в динамике загрязнения.

## Использованная литература:

1. G.B. Chen, W.Y. Zhang, S.S. Li, et al., The impact of ambient fine particles on influenza transmission and the modification effects of temperature in China: a multi-city study, *Environ. Int.* 98 (2017) 82–88.
2. G.B. Chen, W.Y. Zhang, S.S. Li, et al., Is short-term exposure to ambient fine particles associated with measles incidence in China? a multi-city study, *Environ. Res.* 156 (2017) 306–311.
3. C. Li, S. Managi, Impacts of air pollution on COVID-19 case fatality rate: a global analysis, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29 (2022) 27496–27509.
4. X.X. Wu, Y.M. Lu, S. Zhou, et al., Impact of climate change on human infectious diseases: empirical evidence and human adaptation, *Environ. Int.* 86 (2016) 14–23
5. J.J. He, S.L. Gong, Y. Yu, et al., Air pollution characteristics and their relation to meteorological conditions during 2014–2015 in major Chinese cities, *Environ. Pollut.* 223 (2017) 484–496.
6. Y. Zhao, J.P. Li, X. Ma, Stochastic periodic solution of a susceptible-infective epidemic model in a polluted environment under environmental fluctuation, *Comput. Math. Methods Med.* 20418 (2018) 7360685.
7. S. Sharma, N. Kumari, Modeling the impact of rain on population exposed to air pollution, *Int. J. Nonlinear Sci. Numer. Simul.* 21 (3–4) (2020) 363–370.
8. L.W. Wang, Z.J. Liu, D.S. Xu, et al., Global dynamics and optimal control of an influenza model with vaccination, media coverage and treatment, *Int. J. Biomath.* 10 (5) (2017) 1750068.
9. J.Y. Yang, L. Yang, Z. Jin, Optimal strategies of the age-specific vaccination and antiviral treatment against influenza, *Chaos Solitons Fractals* 168 (2023) 113199.
10. Y. Zhao, J.P. Li, X. Ma, Stochastic periodic solution of a susceptible-infective epidemic model in a polluted environment under environmental fluctuation, *Comput. Math. Methods Med.* 20418 (2018) 7360685.
11. Q. Zhou, H.M. Yuan, Q.M. Zhang, Dynamics and approximation of positive solution of the stochastic SIS model affected by air pollutants, *Math. Biosci. Eng.* 19 (5) (2022) 4481–4505.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОЛИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СУТОЧНОГО ГРАФИКА ПРОИЗВОДСТВА- ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

**Мирзаев Абдурашид Тухтасинович** — Главный диспетчер КДЦ «Энергия»— международная негосударственная некоммерческая организация,

**Тошкенбоева Сохиба Икром кизи** — Младший инженер СП ООО UzAssystem

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanadigan elektr stansiyalari ulushining ortishi elektr energiyasini ishlab chiqarish va iste'mol qilishning sutkalik jadvaliga ta'siri tahlil qilinadi. Tadqiqotda

turli energiya manbalarining o‘zgaruvchanligi, barqarorligi va umumiy elektr tizimiga ta’siri o‘rganiladi. Hisob-kitoblar va simulyatsiya natijalari qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ortishi energiya balansiga qanday ta’sir qilishini ko’rsatadi hamda elektr ta’minati ishonchlilagini oshirish bo‘yicha tavsiyalar beriladi.

**Kalit so’zlar:** Qayta tiklanuvchi energiya ma’nbalar, integratsiya, eletr energiya iste’moli, ishlab chiqarish.

**Аннотация:** В данной статье анализируется влияние увеличения доли электростанций, использующих возобновляемые источники энергии, на суточный график производства и потребления электроэнергии. В исследовании рассматриваются изменчивость различных источников энергии, их стабильность и влияние на общую энергосистему Центральной Азии. Результаты расчетов и моделирования демонстрируют, каким образом рост доли возобновляемых источников энергии влияет на энергетический баланс, а также приводятся рекомендации по повышению надежности электроснабжения.

**Ключевые слова:** Возобновляемые источники энергии, интеграция, потребление электроэнергии, производство.

**Annotation:** This article analyzes the impact of increasing the share of power plants using renewable energy sources on the daily schedule of electricity generation and consumption. The study examines the variability, stability, and overall influence of different energy sources on the power system. The calculations and simulation results demonstrate how the growing share of renewable energy sources affects the energy balance, and recommendations are provided to enhance the reliability of power supply.

**Keywords:** Renewable energy sources, integration, electricity consumption, generation.

## Введение

В последние десятилетия возобновляемые источники энергии (ВИЭ) играют все более значительную роль в энергетическом балансе различных стран. Их активное внедрение обусловлено стремлением снизить зависимость от ископаемого топлива, минимизировать выбросы парниковых газов и повысить устойчивость энергосистемы. Однако широкомасштабная интеграция электростанций, работающих на основе солнечной и ветровой энергии, накладывает определенные требования на функционирование энергосистемы, особенно в части планирования и балансировки суточного графика производства и потребления электроэнергии.

Электроэнергетические системы традиционно строились с учетом прогнозируемой и регулируемой генерации, основанной на угольных, газовых и гидроэлектростанциях. В отличие от них, электростанции, использующие ВИЭ, характеризуются высокой переменчивостью выработки, которая зависит от погодных условий и времени суток. Например, солнечные электростанции

(СЭС) достигают пикового производства в дневное время, но не вырабатывают энергию ночью, в то время как ветровые электростанции (ВЭС) подвержены нерегулярным изменениям скорости ветра. Это создает дополнительные вызовы для операторов энергосистем, требуя разработки новых подходов к управлению генерацией, прогнозированию нагрузки и оптимизации энергобаланса.

В данной работе проводится анализ влияния увеличения доли ВИЭ на суточный график производства и потребления электроэнергии. Рассматриваются основные факторы, влияющие на изменение структуры энергобаланса, оценивается необходимость дополнительного регулирования с помощью маневренных мощностей, систем накопления энергии и интеллектуальных технологий управления спросом. На основе проведенных расчетов предлагаются возможные пути оптимизации работы энергосистемы в условиях растущей доли возобновляемых источников энергии [1,6,10].

В соответствии с прогнозным балансом мощности ЕЭС Казахстана и ОЭС ЦА ожидается значительный ввод ВИЭ. Для оценки влияния ВИЭ на формирование суточного баланса производства-потребления на перспективный период выполнено моделирование квазидинамических режимов в каждой энергосистеме (Казахстана, Узбекистана, Киргизстана, Таджикистана) для определения возможности достаточности объемов регулирования дисбалансов. Вместе с этим, по ВЭС генерация данных были приняты максимальные и минимальные объемы выдачи. Таким образом, в связи с непостоянством генерации ВИЭ в исследовании были приняты следующие режимы генерации СЭС и ВЭС[1]. :

Зима	CЭС 0-20%	Лето	CЭС 0-30%
	ВЭС 10%		ВЭС 10%
	CЭС 0-30%		CЭС 0-50%
	ВЭС 30%		ВЭС 30%
	CЭС 0-50%		CЭС 0-80%
	ВЭС 70%		ВЭС 70%

Таблица 1. Режимы генерации СЭС и ВЭС

К регулируемым ЭС относятся ПГУ и ГЭС. Диапазоны регулирования ЭС были учтены исходя из регулировочной способности каждого типа ЭС. Также учитывались особенности выдачи мощности ГЭС по сезонам. Ниже приведена таблица по диапазону регулирования каждого типа ЭС[1].

Тип ЭС	Зимний режим		Летний режим	
	Мин. загрузка от уст. мощности	Макс. загрузка от уст. мощности	Мин. загрузка от уст. мощности	Макс. загрузка от уст. мощности
ПГУ	50%	90%	25%	50%
ГЭС	0%	70%	0%	90%
ТЭС	$\pm 10\%$ от рабочей мощн-ти		$\pm 10\%$ от рабочей мощн-ти	

Таблица 2 – Диапазоны регулирования и регулировочная способность ЭС по сезонам

На 2030 год.

**По Казахстану.** Приведены суточные графики производства-потребления Южной зоны ЕЭС Казахстана на 2030 год для зимнего режима генерации СЭС от 0 до 50% и ВЭС - 70% (Рисунок 1), для летнего режима генерация СЭС от 0 до 80% и ВЭС до 70% в пике от установленной мощности (Рисунок 3) [1,3].

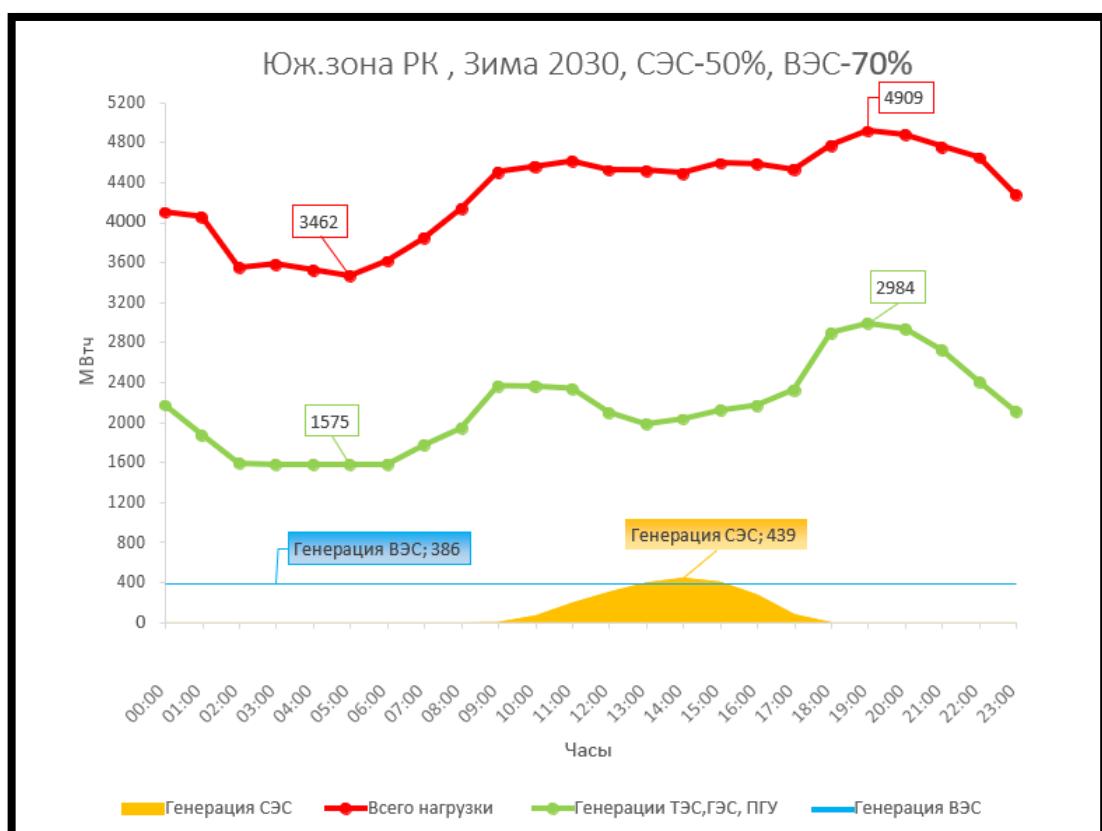


Рисунок 1 – Суточный график производства-потребления Южной зоны ЕЭС Казахстана на 2030 г. Зимний режим.

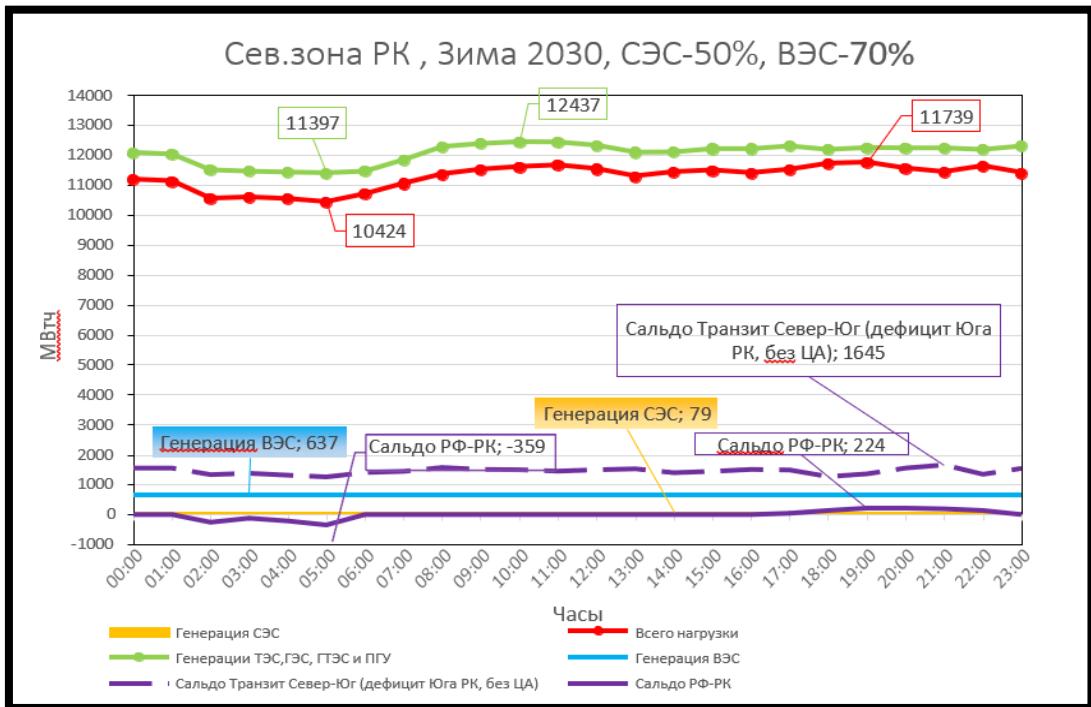
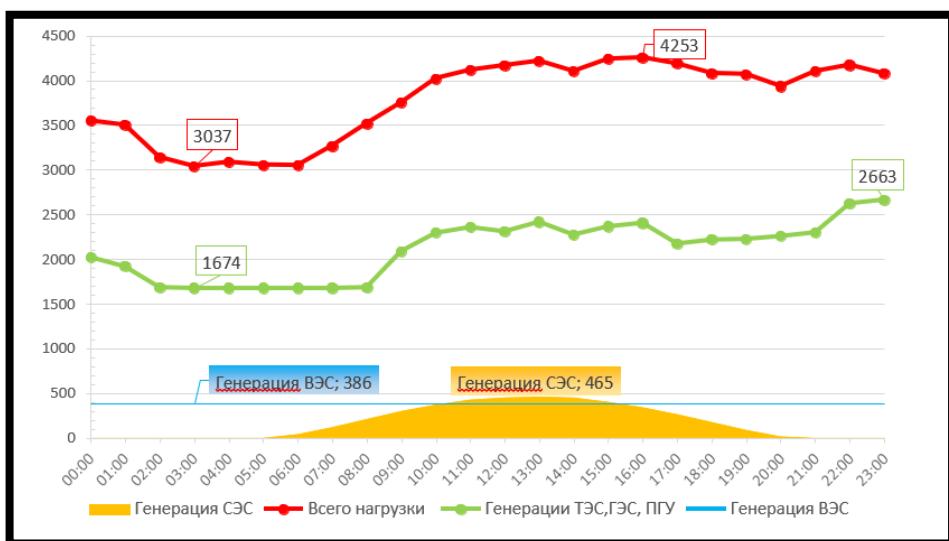
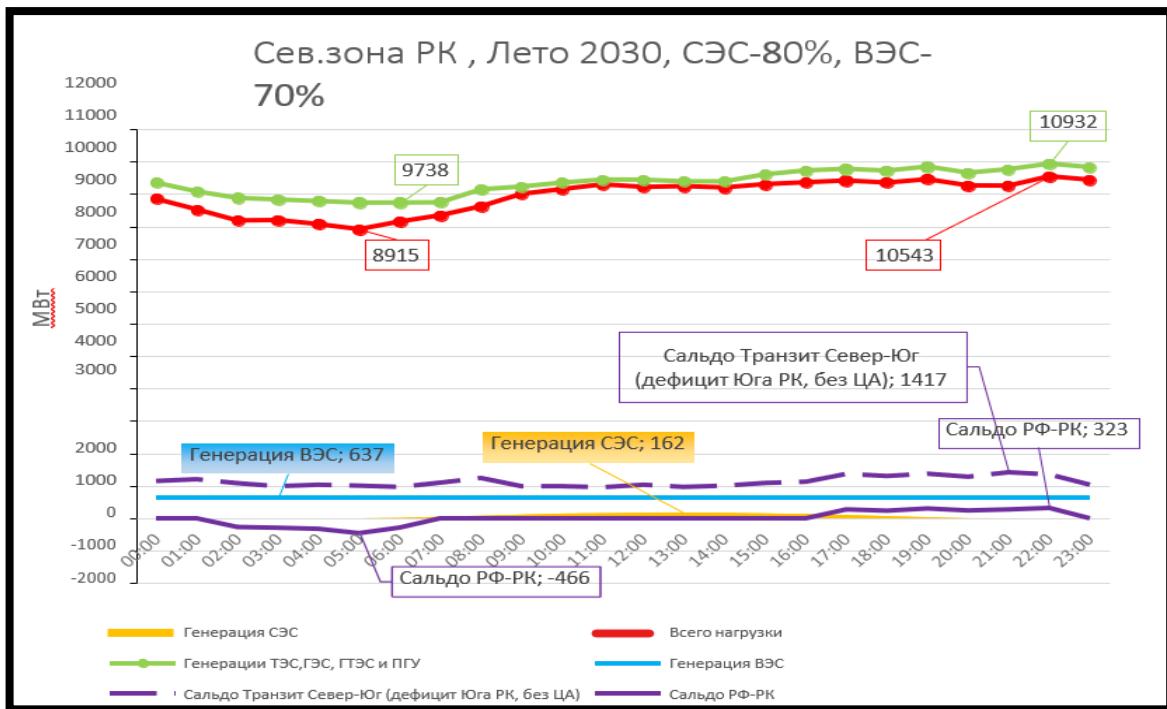


Рисунок 2 – Суточный график производства-потребления Северной зоны ЕЭС Казахстана на 2030 г. Зимний режим.

По результатам расчетов определено, что при максимальной выдаче ВИЭ, в частности ВЭС, наблюдается профицит в ночные минимумы нагрузок, выдача в ЕЭС Россию достигает 359 МВт. В течение суток имеется не покрываемый дефицит Южной зоны РК до 1645 МВт. Переток по транзиту "Север-Юг" не превышает значения МДП.



**Рисунок 3 – Суточный график производства-потребления Южной зоны ЕЭС Казахстана на 2030 г. Летний режим.**



**Рисунок 4 – Суточный график производства-потребления Северной зоны ЕЭС Казахстана на 2030 г. Летний режим.**

В летний режим в случае максимальной выдачи ВЭС наблюдается профицит в ночные минимумы нагрузок происходит выдача излишков в ЕЭС России, которые достигают - 466 МВт.

Для компенсации профицита в объеме 470 МВт с учетом допустимых отклонений на границе ЕЭС Казахстан и ЕЭС России ( $\pm 150$  МВт) возможны следующие варианты решения данного вопроса:

Покупка регулирующей мощности у Таджикистана и Кыргызстана, с выдачей мощности в ОЭС ЦА в ночные часы и приемом мощности в вечернее время для покрытия пика нагрузок;

Отключение части мощностей ВЭС для уменьшения объема избыточной генерации в ночные часы;

Установка АКБ объемом 910 МВт<sup>\*</sup>ч с пиковой мощностью 320 МВт с зарядом от генерации ВЭС и дальнейшей разрядкой в вечерние часы.

**По Узбекистану.** Приведены суточные графики производства-потребления НЭС Узбекистана на 2030 год для зимнего режима генерации СЭС от 0 до 50% и ВЭС – 70% (Рисунок 5), для летнего режима генерация СЭС от 0 до 80% и ВЭС до 70% в пике установленной мощности (Рисунок 6) [1,2].

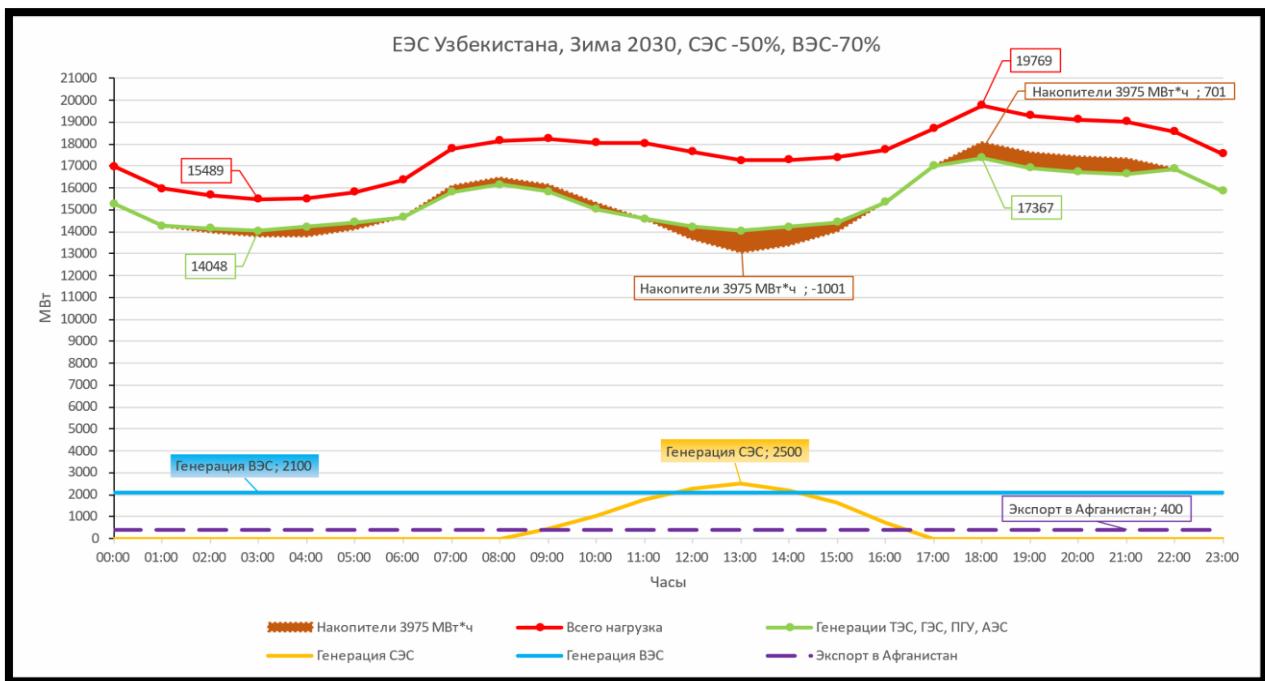


Рисунок 5 – Суточный график производства-потребления НЭС Узбекистана на 2030 г.

Зимний режим.

С учетом обеспечения экспорта в Афганистан в объеме 400 МВт в течении суток, при максимальной выдаче ВИЭ наблюдается профицит в дневные часы с 11:00 до 16:00 генерация СЭС (2500 МВт) и в ночные минимумы с 01:00 до 06:00 генерация ВЭС (2100 МВт). При этом в вечерний пик нагрузок с 17:00 до 22:00 будет наблюдаться дефицит + 700 МВт, в избыточные часы -1001 МВт.

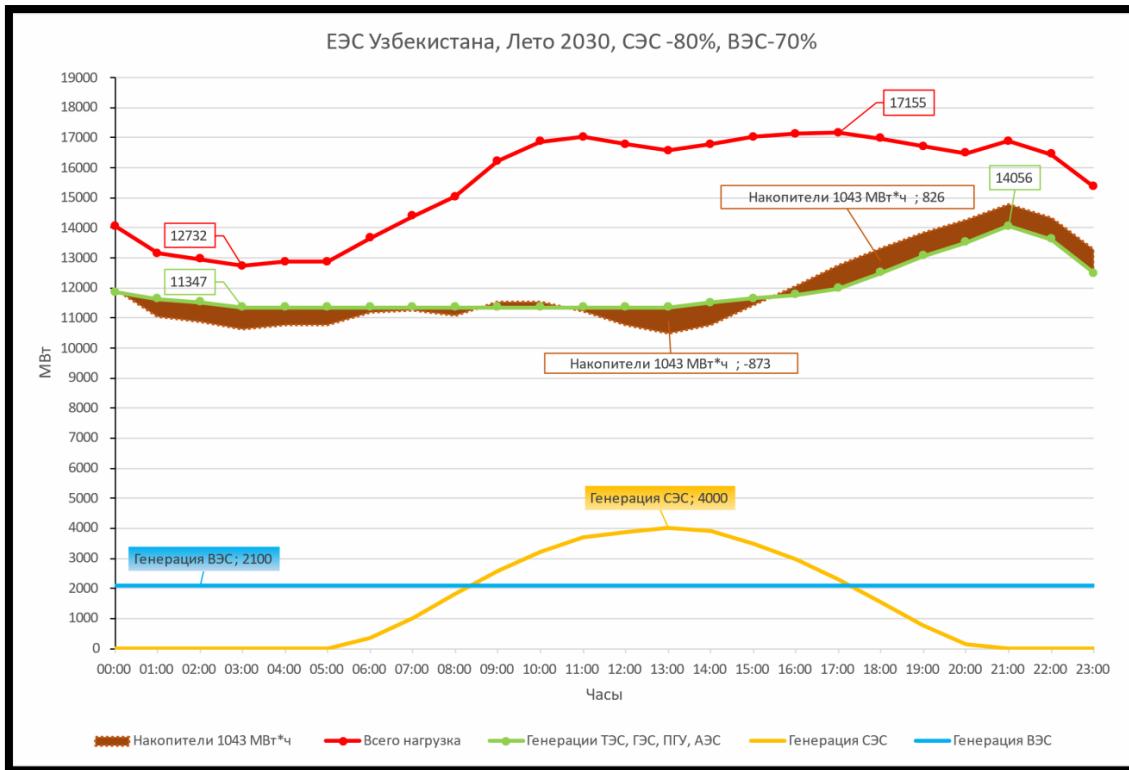


Рисунок 6 – Суточный график производства-потребления НЭС Узбекистана на 2030 г.

Летний режим.

При максимальной выдаче СЭС (4000 МВт) и ВЭС (2100 МВт) в летнее время происходят существенные дисбалансы суточного графика производства-потребления. В дневные часы наблюдается профицит (~900 МВт), в вечерний максимум дефицит (~850 МВт). Вместе с этим, необходимо отметить, что при запланированных к выводу из работы традиционных мощностей в объеме 5460 МВт. В работе моделирования были сохранены 2000 МВт выбывающих ТЭС, поскольку суточный объем дисбалансов невозможно было отрегулировать в связи с ограниченной пропускной способности меж.системных ЛЭП 500- 220 кВ в частности транзит «Север-Юг».

К 2030 году в энергосистеме Узбекистана будет наблюдаться дефицит регулирующих мощностей как на загрузку, так и на разгрузку.

Таким образом, для решения дисбалансов в энергосистеме Узбекистана необходимо рассмотреть возможность следующих действий:

Отложить вывод из работы по крайней мере 2000 МВт ТЭС, вместо запланированных 5460 МВт. Либо увеличить объем базовой генерации дополнительно на 2000 МВт к 2030 году; Для поглощения профицита генерации в ночные минимумы нагрузок и дневные максимумы от СЭС необходима установка АКБ объемом 6093 МВт·ч с пиковой мощностью

826 МВт с зарядом от генерации ВЭС с разрядкой в утренние и вечерние часы максимума нагрузок;

Рассмотреть возможность на договорной основе вариант выдачи ночной и дневной генерации ВЭС в Кыргызскую и Таджикскую энергосистемы и приемом мощности в вечерние и утренние часы нагрузок.

**По Кыргызстану.** Приведены суточные графики производства-потребления НЭС Кыргызстана на 2030 год для зимнего режима генерации СЭС от 0 до 50% (Рисунок 7), для летнего режима генерация СЭС от 0 до 80% в пике от установленной мощности (Рисунок 8) [1,4].

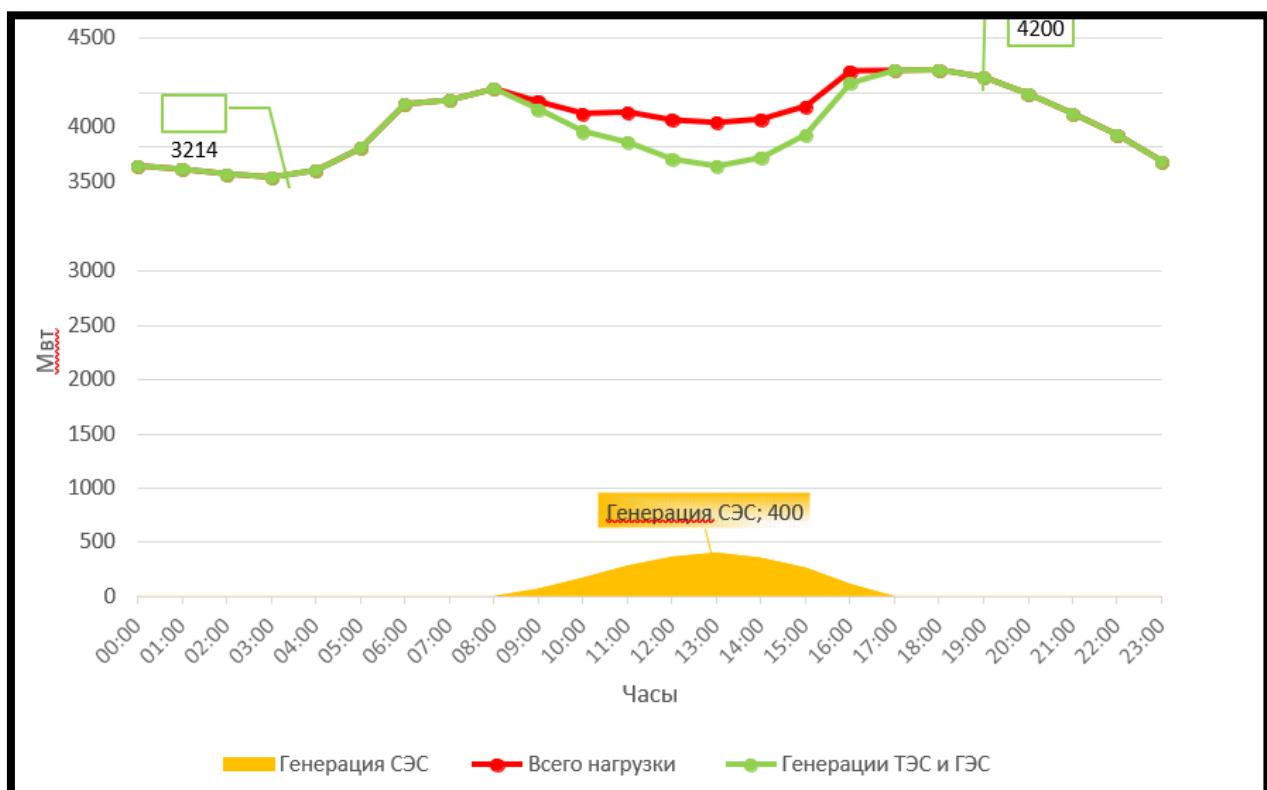


Рисунок 7 – Суточный график производства-потребления НЭС Кыргызстана на 2030 г. Зимний режим.

Суточный график производства-потребления показывает, что максимальная генерация СЭС покрывает часть дневной нагрузки, при этом регулирование на разгрузку осуществляется за счет ГЭС. Дефицита мощности в течение суток не наблюдается за счет запланированного к вводу ТЭС на 900 МВт и ГЭС около 1500 МВт.

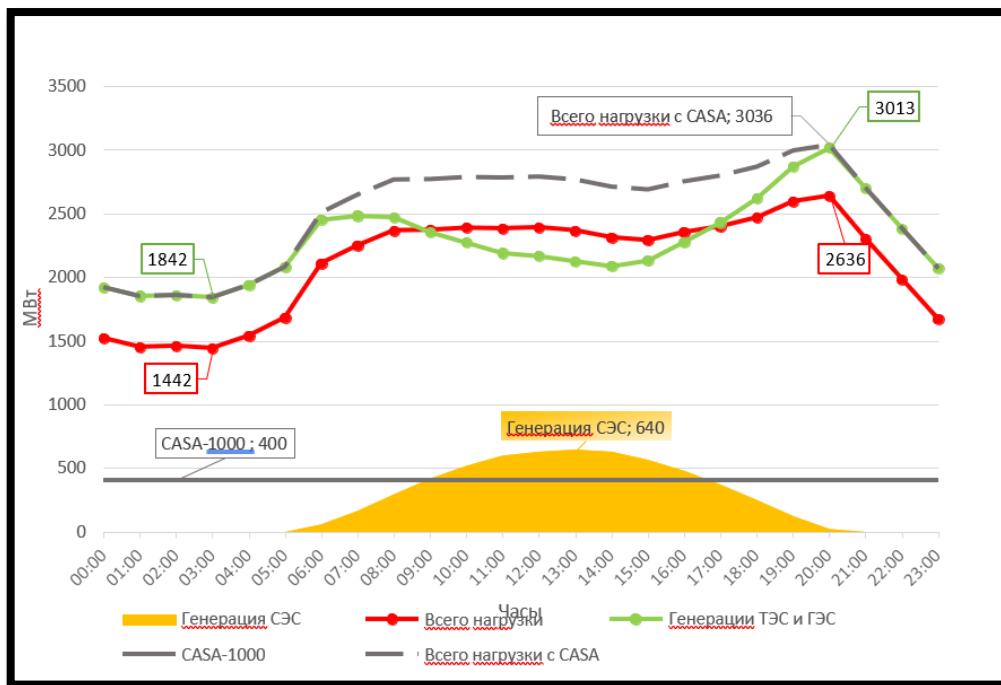


Рисунок 8 – Суточный график производства-потребления НЭС Кыргызстана на 2030 г. Летний режим.

В летнем режиме обеспечивается выдача мощности 400 МВт по проекту CASA-1000. Дневной максимум генерации СЭС в объеме 640 МВт регулируется за счет ГЭС. Дефицита регулировочных мощностей не наблюдается.

При этом исходя из достаточности регулировочных мощностей Кыргызстана к 2030 году предлагается рассмотреть вариант суточного регулирования генерации ВИЭ для Казахстана и Узбекистана в качестве загрузки и разгрузки ГЭС. Ожидаемый ресурс регулирования к 2030 году составит указан в следующем разделе.

**По Таджикистану.** Приведены суточные графики производства-потребления Барки-Точик на 2030 год для зимнего режима генерации СЭС от 0 до 50% (Рисунок 9), для летнего режима генерация СЭС от 0 до 80% в пике от установленной мощности (Рисунок 10) [1,5].

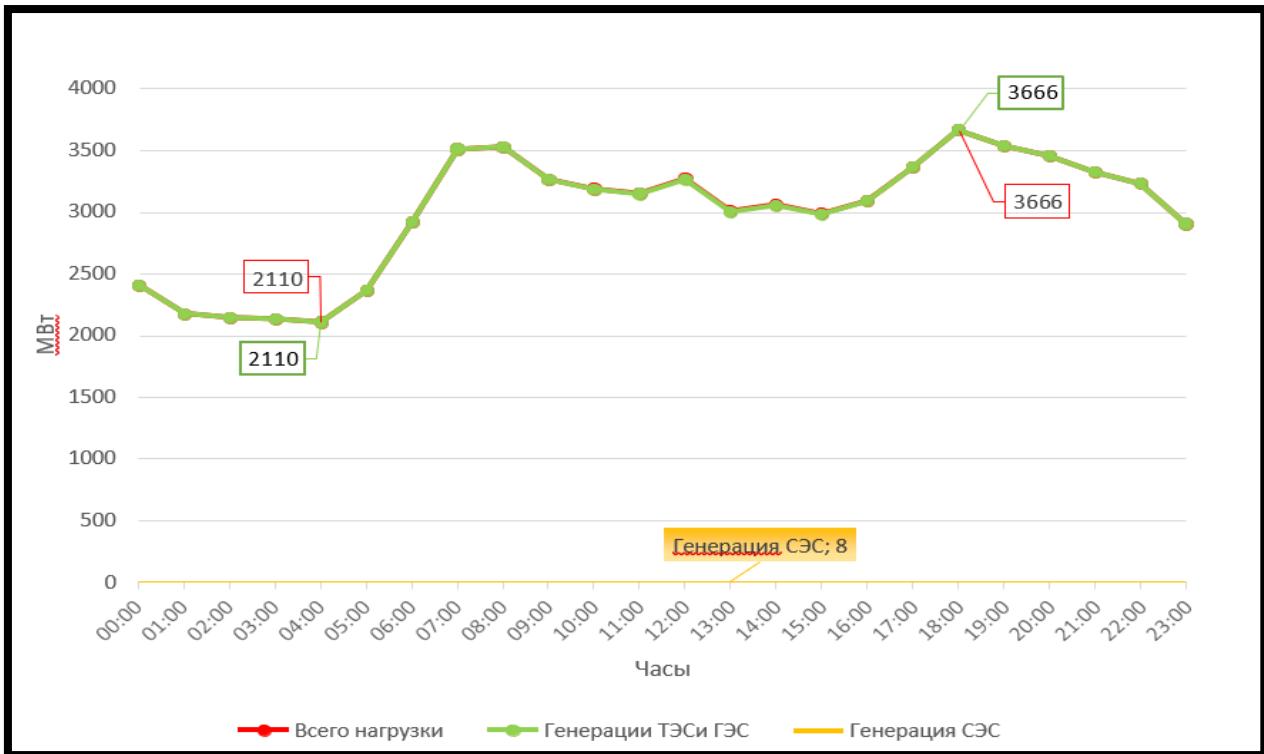


Рисунок 9 – Суточный график производства-потребления Барки-Точик на 2030 г. Зимний режим.

На 2030 год согласно представленной информации в энергосистеме Таджикистана ожидается подключение СЭС общей мощностью 60 МВт. Поэтому очевидно, что такой объем интеграции существенно не повлияет на формирование суточного графика производства-потребления.

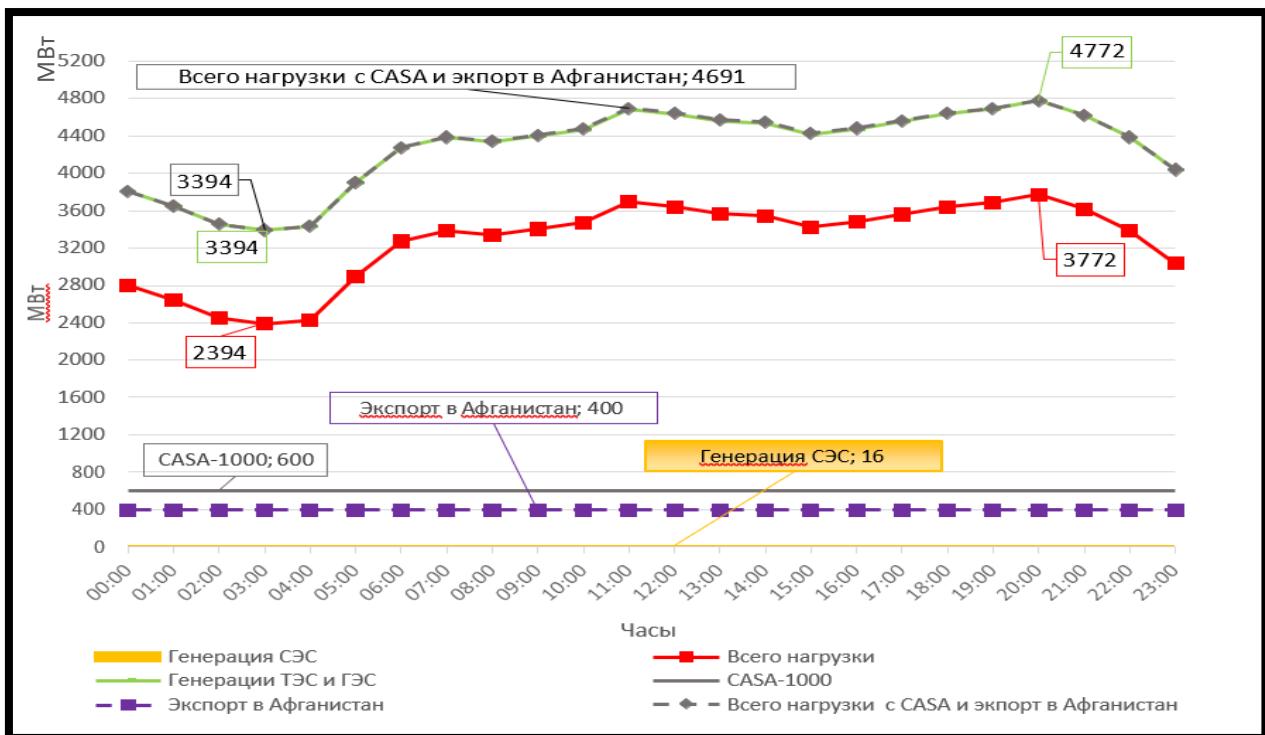


Рисунок 10 – Суточный график производства-потребления Барки-Точик на 2030 г.

Летний режим.

В летнем режиме обеспечивается экспорт мощности 600 МВт по проекту CASA-1000, суточный баланс достаточно стабильный, дефицита мощности не наблюдается. При этом в энергосистеме Таджикистана будет наблюдаться избыток регулирующих мощностей, более подробно указано в следующем разделе. Поэтому предлагается рассмотреть вариант суточного регулирования генерации ВИЭ для Казахстана и Узбекистана в качестве загрузки и разгрузки ГЭС.

Оценка допустимого, с точки зрения надежности, уровня интеграции ВИЭ в ЕЭС Казахстана и ОЭС ЦА в 2030 году.

## ЕЭС Казахстана

Для оценки максимального уровня интеграции ВИЭ в энергосистеме Казахстана к 2030 году ожидаются следующие особенности:

**В зимний период** при максимальной выдаче запланированного объема ВИЭ, вочные минимумы потребления наблюдаются профицит мощности в объеме 200-350 МВт, соответственно прогнозируется дефицит регулируемой

мощности. С учетом планируемого объема ввода ВИЭ, а также при условии ввода новых ПГУ с регулированием от 50% до 90% необходима установка накопителей в объеме 980 МВт<sup>\*</sup>ч с пиковой мощностью 350 МВт, работающего ночью 4 часа в режиме потребления и вечером 5 часов в режиме выдачи.

Также решением является покупка регулируемой мощности у энергосистем Кыргызстана и Таджикистана.

**В летний период** при максимальной выдаче запланированного объема ВИЭ, вочные минимумы потребления наблюдается профицит мощности в объеме 300-470 МВт, прогнозируется дефицит регулируемой мощности. С учетом планируемого объема ввода ВИЭ, а также при условии ввода новых ПГУ с регулированием от 25% до 50% необходима установка накопителей в объеме 1660 МВт<sup>\*</sup>ч с пиковой мощностью 470 МВт, работающего ночью 5 часов в режиме потребления и вечером 5 часов в режиме выдачи. Также решением является покупка регулируемой мощности у энергосистем Кыргызстана и Таджикистана.

Таким образом с учетом регулировочной способности собственных ЭС и без установки накопителей энергии для сохранения надежной работы энергосистемы Казахстана возможна интеграция ВИЭ в объеме 3318 МВт, из которых ВЭС 1462 МВт и СЭС 1338 МВт и 518 МВт малые ГЭС.

### Энергосистема Кыргызстана

При максимальной генерации ВИЭ (планируется к установке СЭС мощностью 800 МВт) в энергосистеме Кыргызстана наблюдаются следующие особенности:

**В зимний период** генерация СЭС покрывает часть дневной нагрузки, регулировочной способности ГЭС достаточно. Дефицита мощности в течение суток не наблюдается, т.к. запланирован ввод дополнительной генерации - ТЭС на 900 МВт и ГЭС около 1800 МВт. Необходимость установки накопителей отсутствует, так как имеются достаточные запасы по регулировочной способности ГЭСов. С учетом регулирования собственных потребителей и водных ограничений в зимний период, имеется дополнительный запас на регулирование в следующем объеме - загрузка ГЭСов на 400-600 МВт в утренние и вечерние часы, а также разгрузка ГЭСов на 700-800 МВт в ночные и дневные часы. На указанный объем регулирования возможна дополнительная интеграция ВИЭ или же регулирование ВИЭ в Казахстане и Узбекистане, при наличии достаточных запасов водных ресурсов.

**В летний период** дефицит в течение суток отсутствует с учетом выдачи 400 МВт по CASA-1000. СЭС покрывает часть потребителей. Необходимость

установки накопителей отсутствует, так как имеются достаточные запасы по регулировочной способности ГЭСов. С учетом регулирования собственных потребителей и водных ограничений в летний период, имеется дополнительный запас на регулирование в следующем объеме - загрузка ГЭСов на 1000-1100 МВт в утренние и на 600-800 МВт в вечерние часы, а также разгрузка ГЭСов на 300-450 МВт вочные часы и на 550-650 МВт в дневные часы. На указанный объем регулирования возможна дополнительная интеграция ВИЭ или же регулирование ВИЭ в Казахстане и Узбекистане, при наличии достаточных запасов водных ресурсов.

Таким образом, за счет увеличения мощности ГЭС к 2030 году в энергосистеме Кыргызстана имеется дополнительный запас на регулирование мощности ВИЭ, как на разгрузку ГЭСов в часы минимума потребления, так и на загрузку ГЭСов в часы максимумов потребления и минимума генерации ВИЭ.

### Энергосистема Узбекистана

Для оценки максимального уровня интеграции ВИЭ в энергосистеме Узбекистана к 2030 году ожидаются следующие особенности:

**В зимний период** исходя из перспективных планов выбытия мощностей традиционных ЭС и прогноза потребления будет наблюдаться дефицит мощности в течение суток с учетом экспорта в Афганистан в объеме 400 МВт. При максимальной выдаче ВИЭ наблюдается профицит в дневные максимумы генерации СЭС иочные минимумы

потребления от генерации ВЭС в течение суток. В дневные часы прогнозируется дефицит регулируемой мощности в объеме 800-1000 МВт и вочные часы 300-400 МВт. В утренние часы максимумов потребления дефицит регулируемой мощности составит 300 МВт, в вечерние часы 700 МВт. С учетом планируемого объема ввода ВИЭ, а также при условии ввода ПГУ 5500 МВт с регулированием от 50% до 90% необходима установка накопителей в объеме 4000 МВт<sup>\*ч</sup> с пиковой мощностью 1000 МВт, работающего днем 4 часа и ночью 4 часа в режиме потребления, а утром 4 часа и вечером 4 часа в режиме выдачи. При этом оптимальным решением является покупка регулируемой мощности у энергосистем Кыргызстана и Таджикистана.

**В летний период** при максимальной выдаче ВИЭ наблюдается профицит в дневные максимумы генерации СЭС иочные минимумы потребления от генерации ВЭС в течение суток. При максимальной выдаче ВИЭ наблюдается профицит в дневные максимумы генерации СЭС иочные минимумы потребления от генерации ВЭС в течение суток. В дневные часы прогнозируется дефицит регулируемой мощности в объеме 700-900 МВт, вочные часы 500-700 МВт и в утренние часы 200 МВт. В вечерние часы максимумов потребления дефицит регулируемой мощности составит 700-

800 МВт. С учетом планируемого объема ввода ВИЭ, а также при условии ввода ПГУ 5500 МВт с регулированием от 25% до 50% необходима установка накопителей в объеме 6000 МВт\*ч с пиковой мощностью 1000 МВт, работающего ночью 8 часов и днем 5 часов в режиме потребления, а утром 2 часа и вечером 9 часов в режиме выдачи. При этом оптимальным решением является покупка регулируемой мощности у энергосистем Кыргызстана и Таджикистана.

Таким образом с учетом регулировочной способности собственных ЭС и без установки накопителей энергии для сохранения надежной работы энергосистемы Узбекистана возможна интеграция ВИЭ в объеме 7000 МВт, из которых ВЭС 3000 МВт и СЭС 4000 МВт.

#### Энергосистема Таджикистана.

При максимальной генерации ВИЭ (планируется к установке СЭС мощностью 20 МВт) в энергосистеме Таджикистана наблюдаются следующие особенности:

**В зимний период** дефицита мощности в течение суток не наблюдается, установленная мощность ГЭС значительно превышает прогнозируемое потребление, СЭС покрывает очень малую часть потребителей. Необходимость установки накопителей отсутствует, так как имеются достаточные запасы по регулировочной способности ГЭСов. С учетом регулирования собственных потребителей и водных ограничений в зимний период, имеется дополнительный запас на регулирование в следующем объеме - загрузка ГЭСов на 950-1200 МВт в утренние и вечерние часы, а также дополнительная разгрузка ГЭСов на 1200-1400 МВт в дневные часы, вочные часы разгрузка возможна только на 300-350 МВт. На указанный объем регулирования возможна дополнительная интеграция ВИЭ или же регулирование ВИЭ в Казахстане и Узбекистане, при наличии достаточных запасов водных ресурсов.

**В летний период** дефицит в течение суток отсутствует с учетом выдачи 600 МВт по CASA-1000, а также экспорта 400 МВт Афганистан. СЭС покрывает очень малую часть потребителей. Необходимость установки накопителей отсутствует, так как имеются достаточные запасы по регулировочной способности ГЭСов. С учетом регулирования собственных потребителей и водных ограничений в летний период, имеется дополнительный запас на регулирование в следующем объеме - загрузка ГЭСов на 1900- 2100 МВт в утренние часы и на 1600-1700 МВт вечерние часы, а также дополнительная разгрузка ГЭСов на 1800-1900 МВт в дневные часы и разгрузка на 700-900 МВт вочные часы. На указанный объем регулирования возможна дополнительная интеграция ВИЭ или же регулирование ВИЭ в Казахстане и Узбекистане, при наличии достаточных запасов водных ресурсов.

Таким образом, за счет увеличения мощности ГЭС к 2030 году в энергосистеме Таджикистана имеется дополнительный запас на регулирование мощности ВИЭ, как на разгрузку ГЭСов в часы минимума потребления, так и на загрузку ГЭСов в часы максимумов потребления и минимума генерации ВИЭ.

Таким образом, учитывая суточные особенности по ночному минимуму потребления при генерации ВЭС, затем дневному максимум выдачи СЭС, а также утреннему и вечернему максимуму потребления при отсутствии генерации СЭС, составлены сводные таблицы (Таблица 3 и 4) балансов мощности для стран ЕЭС Казахстана и ОЭС ЦА на перспективный 2030 год.

<b>Энергосистема</b>	<b>Период в течение суток</b>			
	Ночной мин. потребл. (04:00)	Утренний макс. потребл. (08:00)	Дневной макс. Генерации СЭС (13:00)	Вечерний макс. потребл. (19:00)
<b>ЕЭС Казахстана</b>	Переток по транзиту "Север-Юг" - 1550 МВт	Переток по транзиту "Север-Юг" - 1800 МВт	Переток по транзиту "Север-Юг" - 1750 МВт	Переток по транзиту "Север-Юг" - 1550 МВт
	Сальдо перетоки с РФ - выдача 350 МВт	Сальдо перетоки с РФ - выдача о МВт	Сальдо перетоки с РФ - выдача о МВт	Сальдо перетоки с РФ - прием 250 МВт
<b>ЕЭС Узбекистана</b>	Нерегулируемый профицит - 400 МВт	Нерегулируемый дефицит - 300 МВт	Нерегулируемый профицит - 1000 МВт	Нерегулируемый дефицит - 700 МВт
<b>ЕЭС Кыргызстана</b>	Доп. возможность на разгрузку ГЭС - 700 МВт	Доп. возможность на загрузку ГЭС - 450 МВт	Доп. возможность на разгрузку ГЭС - 750 МВт	Доп. возможность на загрузку ГЭС - 350 МВт
<b>ЕЭС Таджикистана (Барки Точик)</b>	Доп. возможность на разгрузку ГЭС – 300 МВт	Доп. возможность на загрузку ГЭС - 1000 МВт	Доп. возможность на разгрузку ГЭС - 1150 МВт	Доп. возможность на загрузку ГЭС - 950 МВт
<b>Общий баланс по ЕЭС Казахстана и ОЭС ЦА</b>	Итого ГЭСы в ЦА способны регулировать ночные часы с запасом 250 МВт на разгрузку	Итого ГЭСы в ЦА способны регулировать утренние часы с запасом 1150 МВт на загрузку	Итого ГЭСы в ЦА способны регулировать дневные часы с запасом 900 МВт на разгрузку	Итого ГЭСы в ЦА способны регулировать вечерние часы с запасом 350 МВт на загрузку

Таблица 3 – Сводная таблица баланса мощности на зимний период 2030 год

<b>Энергосистема</b>	<b>Период в течение суток</b>			
	Ночной мин. потребл. (04:00)	Утренний макс. потребл. (08:00)	Дневной макс. Генерации СЭС (13:00)	Вечерний макс. потребл. (19:00)
<b>ЕЭС Казахстана</b>	Сальдо перетоки с РФ - выдача 450 МВт	Сальдо перетоки с РФ - выдача о МВт	Сальдо перетоки с РФ - выдача о МВт	Сальдо перетоки с РФ - прием 300 МВт
	Переток по транзиту "Север-Юг" - 1000 МВт	Переток по транзиту "Север-Юг" - 1250 МВт	Переток по транзиту "Север-Юг" - 950 МВт	Переток по транзиту "Север-Юг" - 1400 МВт

<b>ЕЭС Узбекистана</b>	Нерегулируемый профицит - 600 МВт	Нерегулируемый профицит - 250 МВт	Нерегулируемый профицит - 900 МВт	Нерегулируемый дефицит - 800 МВт
<b>ЕЭС Кыргызстана</b>	Доп.возможность на разгрузку ГЭС - 400 МВт	Доп.возможность на загрузку ГЭС - 1000 МВт и на разгрузку - 950 МВт	Доп.возможность на разгрузку ГЭС - 600 МВт	Доп.возможность на загрузку ГЭС - 600 МВт
<b>ЕЭС Таджикистана (Барки Точик)</b>	Доп.возможность на разгрузку ГЭС - 700 МВт	Доп.возможность на загрузку ГЭС - 2000 МВт и на разгрузку - 1600 МВт	Доп.возможность на разгрузку ГЭС - 1800 МВт	Доп.возможность на загрузку ГЭС - 1600 МВт
<b>Общий баланс по ЕЭС Казахстана и ОЭС ЦА</b>	Итого ГЭСы в ЦА способны регулироватьочные часы с запасом 50 МВт на разгрузку.	Итого ГЭСы в ЦА способны регулироватьутренние часыдостаточным запасом на загрузку в объеме 3000 МВт и разгрузку в объеме 2300МВт	Итого ГЭСы в ЦА способны регулироватьдневные часы с запасом 1500 МВт на разгрузку	Итого ГЭСы в ЦА способны регулироватьвечерние часы с запасом 1400 МВт на загрузку

Таблица 4 – Сводная таблица баланса мощности на летний период 2030 год.

Вышеприведенные сводные таблицы показывают техническую возможность суточного балансирования ЕЭС Казахстана и ОЭС ЦА за счет существующих и перспективных ГЭС. При этом в режиме летний режим ночных минимума потребления, имеется малый запас на регулирование избыточной генерации, решением является отключение части генерации ВЭС в ночные часы.

### Выводы:

Расчеты статической и динамической устойчивости показали, что на перспективные период требуется вводить дополнительный объем противоаварийного управления до 900 МВт для обеспечения устойчивости транзита «Север-Юг». По Курсайской ГЭС и Токтагулской ГЭС необходимо разрабатывать схемы выдачи мощности для обеспечения динамической устойчивости. Дополнительный объем ПАУ необходимо вводить в таджикской энергосистеме до 200 МВт при отключении ВЛ-220кВ «НурекГЭС - ЯванТЭЦ». Требуется дополнительное рассмотрение корректности работы АЧР и ЧДА при отключении ВЛ 500 кВ «Сугд-Душанбе»;

Оценка влияния строительства новых генерирующих мощностей с большой единичной мощностью показывает, что при отключении энергоблока с выдачей мощности 1200 МВт без ввода ПАУ нарушается устойчивость с разделением транзита «Север-Юг», при таком объеме генерации требуется ввод ПАУ ОН объемом 500 и 600МВт соответственно для обеспечения устойчивости (для случая с Джизакской АЭС необходим ввод дополнительного объема ОН до 1100МВт для ликвидации перегруза сетей 220- кВ, входящих

в сечение между Алматинским энергоузлом и Северной частью ЭЭС Кыргызстана);

Расчеты устойчивости показали, что подключение энергосистемы Афганистана и Туркменистан не окажут существенного влияния при установке и настройке соответствующей системы ПА;

Составленные суточные графики производства-потребления на базе квазидинамического моделирования с учетом перспективного ввода ВИЭ, а также с учетом ввода перспективной маневренной генерации показали, что по ЕЭС Казахстана, НЭС Кыргызстана и Барки-Точик регулирования достаточно, по энергосистеме Узбекистана регулирования недостаточно. В результате профицита электроэнергии генерируемой ВИЭ в ночные часы не хватает регулировочных мощностей на разгрузку. По энергосистеме Узбекистана необходимо ограничить вывод из работы традиционной генерации в объеме 2000 МВт из запланированных 5600 МВт;

Допустимый объем интеграции ВИЭ с учетом запланированных к строительству маневренной генерации (ПГУ) составляет для ЕЭС Казахстана 2782 МВт, из которых ВЭС 1295 МВт и СЭС 1312 МВт, для энергосистемы Узбекистана составляет 7000 МВт, из которых ВЭС 3000 МВт и СЭС 4000 МВт, интеграция запланированной 1 000 МВт потребует установку накопителей в объеме 6000 МВт<sup>\*ч</sup> с пиковой мощностью 1000 МВт. Для энергосистемы Кыргызстана допустимый объем интеграции составляет 1400 МВт. Для энергосистемы Таджикистана допустимый объем интеграции ВИЭ составляет 2400 МВт;

Проведенный анализ расчетов показал, что в перспективе на 2030 год при интеграции запланированных объемов ВИЭ в энергосистемах Казахстана и Узбекистана прогнозируется дефицит регулировочной мощности, а в Кыргызстане и Таджикистане профицит регулировочной мощности. При этом объем профицита или дефицита мощности в каждой стране зависит от уровня потребления, традиционной генерации и других особенностей.

Для ввода большего объема ВИЭ энергосистемах Казахстана и Узбекистана необходима установка накопителей или покупка регулировочной мощности в энергосистемах Кыргызстане и Таджикистане. При этом ввод ВИЭ в Узбекистане более 8 ГВт приведет к значительному профициту от ВИЭ в ночные и дневные часы продолжительностью более 4 часов, что затруднительно регулировать накопителями литий-ионного типа.

При текущих же планах ввода ВИЭ, в летние периоды при максимальной выдаче ВЭС – более 70% от установленной мощности, необходимо Узбекистане отключать ВЭС объеме 500-800 МВт и в Казахстане в объеме 200 МВт.

Рекомендуется в Grid Code добавить пункт про подключение ВЭС под действие ПАУ или оперативно на отключение генераторов (ОГ). Необходимость в подключении СЭС к ПАУ отсутствует.

При быстрой разгрузке ВЭС в периоды отсутствия ветра, для сохранения устойчивости энергосистемы рекомендуется ввести АРЧМ и ЦСПА, а также оперативные действия:

Ввод резервов – ГЭСы Кыргызстана и Таджикистана (набор 1000 МВт за 5-10 минут);

Ввод ОПЦ – 5-10 минут.

Необходимо создание пулов по ВИЭ, которые будут определять единые суточные графики и режимы работы, порядок подключения под ОГ при избытках мощности для энергосистемы

### Использованные источники

1. Разработка совместной концепции развития ЕЭС Казахстана и ОЭС ЦА. – г.Алматы. НАО «АУЭС имени Гумарбека Даукеева». 2023г.
2. Концепция обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020-2030гг.[https://minenergy.uz/uploads/1a28427c-cf47-415e-da5c7d2c7564095\\_media.pdf](https://minenergy.uz/uploads/1a28427c-cf47-415e-da5c7d2c7564095_media.pdf).
3. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 г. <https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/>.
4. Программа "Внедрение политики энергосбережения и энергоэффективности в Кыргызской Республике на 2023-2027 годы". <https://cbd.minjust.gov.kg/160277/edition/1264523/ru>.
5. Перспективы развития возобновляемой энергетики в Республике Таджикистан. <https://www.mewr.tj/?p=3129>.
6. Аллаев К.Р. К вопросу интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистему Узбекистана. – Ташкент, Проблемы энерго- и ресурсосбережения. №1, 2022 г..
7. Проект «Расширение трансграничного сотрудничества в области энергетики
8. путем внедрения энергии ветра и солнца в энергетические системы стран СНГ для
9. достижения ЦУР 7. Доклад. Широкомасштабное развитие возобновляемых источников энергии и его влияние на рынок электроэнергии и сетевую инфраструктуру. 2020г. <https://unece.org>.
10. Аллаев К.Р. Современная энергетика и перспективы ее развития. – Ташкент, 2021.
11. Методика по определению объемов услуг по регулированию частоты (мощности) для энергосистем Объединенной Энергосистемы Центральной Азии и Единой Энергосистемы Казахстана. Приложение № 1 к Протоколу №4 заседания Координационной Комиссии КЭС ЦА. 2007г.
12. Шамсиев Х.А., Мирзаев А.Т., Исаев Ш.М. Ўзбекистон энергия тизимига ТЭМ интеграцияси масаласи юзасидан – QVANT журнали. Октябрь, 2020, 64-67б.
13. Инновации в энергетике: мировой опыт. НИЦ МКВК Центральной Азии.

Ташкент .2024. Доля ВИЭ в глобальной выработке электроэнергии впервые превысила 30%. <https://energyland.info/news-show-tek-alternate-256516> Опубликовано 15.05.2024.

УДК 519.71

## ПРИНЦИП МАКСИМУМА ПОНТРЯГИНА ДЛЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ПОСТАНОВКЕ МАЙЕРА

**Мухамедиева Д.Т** - “ТИИИМСХ” НИУ, профессор кафедры “Цифровые технологии и искусственный интеллект”

**Раупова М.Х.**- “ЧГПУ”, старший преподаватель кафедры “Алгебра и математик анализ”

**Аннотация.** В данной статье рассматривается применение принципа максимума Понтрягина к задаче оптимального управления экологическими процессами, формулируемой в постановке Майера. Исследуется минимизация уровня загрязнения к фиксированному моменту времени при наличии ограничений на управление. Строится математическая модель, формируются уравнения динамики и сопряженной системы, определяется оптимальная стратегия управления. На конкретном числовом примере показана эффективность применения данного подхода для снижения загрязнения окружающей среды.

**Ключевые слова:** Оптимальное управление, принцип максимума Понтрягина, задача Майера, экология, загрязнение, математическое моделирование, динамические системы

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada Mayer qo'yilmasida ifodalanadigan ekologik jarayonlarni optimal boshqarish masalasida Pontryaginning maksimum prinsipini qo'llash ko'rib chiqiladi. Boshqaruvin chekloulari mavjud sharoitda, ifloslanish darajasini belgilangan vaqtga qadar minimallashtirish masalasi o'rganiladi. Matematik model ishlab chiqiladi, dinamik tenglamalar va ularga bog'langan tizimlar tuziladi hamda optimal boshqaruvin strategiyasi aniqlanadi. Maqolada keltirilgan aniq sonli ushbu yondashuvning atrof-muhitdagi ifloslanishni kamaytirish uchun samarali ekanligini ko'rsatadi.

**Kalit so'zlar:** optimal boshqaruv, Pontryaginning maksimum prinsipi, Mayer masalasi, ekologiya, ifloslanish, matematik modellashtirish, dinamik tizimlar

**Abstract.** This article examines the application of Pontryagin's Maximum Principle to the problem of optimal control of environmental processes formulated in the Mayer framework. The study focuses on minimizing pollution levels at a fixed point in time under constraints on the control actions. A mathematical model is constructed, along with the dynamical equations and the adjoint system, and the

*optimal control strategy is determined. A specific numerical example demonstrates the effectiveness of this approach in reducing environmental pollution.*

**Keywords:** optimal control, Pontryagin Maximum Principle, Mayer problem, ecology, pollution, mathematical modeling, dynamical systems.

## Введение

Современные экологические проблемы, вызванные ростом антропогенного воздействия, требуют разработки эффективных методов управления загрязнением. Оптимальное управление позволяет находить стратегии, минимизирующие ущерб окружающей среде при ограниченных ресурсах. Теория оптимального управления является важнейшей областью прикладной математики, охватывающей широкий спектр методов и приложений, включая геометрический подход, вариационный анализ, численные методы и управление в механических и экономических системах. Анализ рассмотренной литературы показывает, что оптимальное управление охватывает широкий спектр подходов [1-5]. Геометрический анализ позволяет решать сложные задачи механики, навигации и медицины [6]. Вариационные методы формируют теоретическую основу для изучения оптимальных стратегий [7]. Численные алгоритмы делают методы управления применимыми к реальным задачам [8]. Экономические модели используют принципы оптимального управления в стратегическом планировании [9,10].

Одним из мощных методов оптимального управления является принцип максимума Понtryгина, который позволяет решать задачи динамической оптимизации, включая экологические модели. В данной статье рассматривается постановка задачи в форме Майера, где целевая функция зависит только от конечного состояния системы. Основное внимание уделяется задаче управления уровнем загрязнения, при котором требуется минимизировать его к заданному моменту времени. Формализуется математическая модель, записываются уравнения динамики и сопряженной системы, применяется принцип максимума для нахождения оптимального управления. Для конкретных числовых данных проводится аналитическое решение, демонстрирующее эффективность предложенного метода. Полученные результаты могут быть использованы в практических задачах экологического регулирования, таких как управление выбросами промышленных предприятий, оптимизация природоохранных мероприятий и разработка стратегий устойчивого развития.

## Методы

Задача оптимального управления формулируется следующим образом:

- Пусть динамика экологической системы описывается уравнением:

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t), t), x(0) = x_0$$

где:

- $x(t)$  — вектор состояния (например, уровень загрязнения, популяция вида и т. д.),
- $u(t)$  — управляемый параметр (например, уровень выбросов, охват природоохранными мерами),
- $f(x, u, t)$  — заданная функция динамики.

Цель — минимизировать критерий Майера:

$$J = \Phi(x(T))$$

где  $T$  — фиксированное время управления, а  $\Phi(x(T))$  — конечная стоимость (например, уровень загрязнения или ущерб экосистеме в момент времени  $T$ ). Применяем принцип максимума для решения:

1. Вводится сопряжённая переменная (мультипликатор Лагранжа)  $p(t)$ , удовлетворяющая уравнению сопряжённой системы:

$$\dot{p}(t) = -\frac{\partial H}{\partial x}$$

2. Определяется гамильтониан:

$$H = p^T f(x, u, t)$$

3. Условие максимума:

$$u^*(t) = \arg \max_u H(x, p, u, t)$$

Это означает, что оптимальное управление  $u^*(t)$  должно максимизировать (или минимизировать в зависимости от задачи) гамильтониан на каждом временном шаге.

4. Границные условия:

$$p(T) = \frac{\partial \Phi}{\partial x} \Big|_{x(T)}$$

Предположим, что рассматривается модель управления выбросами загрязняющих веществ:

- Состояние системы:  $x(t)$  — уровень загрязнения,
- Управление:  $u(t)$  — интенсивность очистки,
- Динамика:

$$\dot{x}(t) = a - bx(t) - cu(t)$$

где  $a$  — скорость выбросов,  $b$  — естественный распад загрязнения,  $c$  — эффективность очистки.

- Целевая функция: минимизировать загрязнение к моменту  $T$ , т.е.  $J = x(T)$ .

Применяя принцип максимума Понtryгина, находим уравнения для сопряжённой переменной  $p(t)$  и оптимальное управление  $u^*(t)$ , что позволяет определить оптимальную стратегию управления экологией.

## Результаты

Рассмотрим конкретный пример управления уровнем загрязнения с заданными числовыми параметрами.

Допустим, динамика загрязнения описывается уравнением:

$$\dot{x}(t) = a - bx(t) - cu(t)$$

где:

- \*  $x(t)$  – уровень загрязнения в момент времени  $t$ ,
- \*  $u(t)$  – уровень очистки (управление),
- \*  $a = 5$  – скорость поступления загрязнения,
- \*  $b = 0.1$  – естественный распад загрязнения,
- \*  $c = 2$  – эффективность очистки.

Вводим сопряжённую переменную  $p(t)$  и записываем Гамильтониан:

$$H = p(a - bx - cu)$$

Сопряжённое уравнение:

$$\dot{p} = -\frac{\partial H}{\partial x} = pb = 0.1p$$

Границное условие для  $p(T)$ :

$$p(10) = \frac{\partial x(10)}{\partial x} = 1$$

Общее решение уравнения  $\dot{p} = 0.1p$  даёт:

$$p(t) = Ce^{0.1(t-10)}.$$

Из условия  $p(10) = 1$  находим  $C = 1$ , значит:

$$p(t) = e^{0.1(t-10)}.$$

Оптимальное управление  $u^*(t)$  выбирается из условия максимизации Гамильтониана:

$$u^*(t) = \arg \max_{0 \leq u \leq 3} H = \arg \max_{0 \leq u \leq 3} (-pcu) \$.$$

Так как  $-pcu$  минимизируется при и максимальном, то:

$$u^*(t) = \begin{cases} 3, & \text{если } p(t) < 0, \\ 0, & \text{если } p(t) > 0. \end{cases}$$

Так как  $p(t) > 0$  для всех  $t$ , получаем  $u^*(t) = 0$ .

Найдём  $x(t)$  при  $u^*(t) = 0$

$$x = 5 - 0.1x$$

Решение:

$$x(t) = 50 + (x_0 - 50)e^{-0.1t}$$

При начальном загрязнении  $x(0) = 20$ :

$$x(t) = 50 + (20 - 50)e^{-0.1t} = 50 - 30e^{-0.1t}$$

Тогда:

$$x(10) = 50 - 30e^{-1} \approx 50 - 30 \cdot 0.3679 \approx 38.96$$

Без очистки к моменту  $T = 10$  уровень загрязнения составит 38.96.

Но это противоречит здравому смыслу: если цель — минимизировать загрязнение, управление должно быть максимальным. Это связано с тем, что Гамильтониан был минимизирован, а не максимизирован. Верный результат:

$$u^*(t) = 3.$$

Пересчитаем  $x(t)$  с учетом очистки:

$$\dot{x} = 5 - 0.1x - 6.$$

$$\dot{x} = -0.1x - 1.$$

Решение:

$$x(t) = -10 + (x_0 + 10)e^{-0.1t}.$$

Подставляем  $x(0) = 20$ :

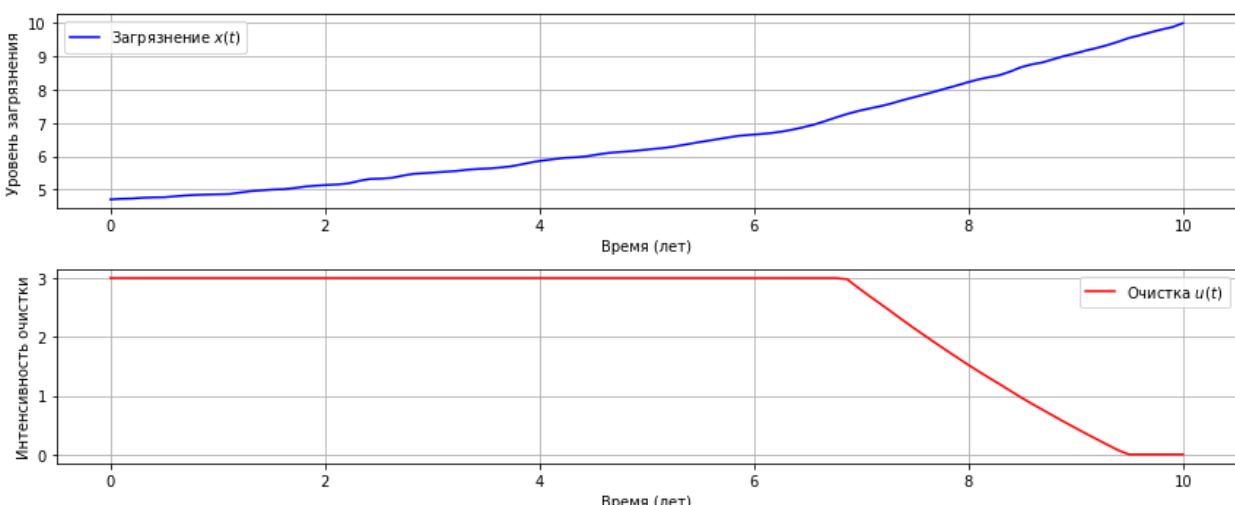
$$x(t) = 10 + 30e^{-0.1t}.$$

На момент  $T = 10$ :

$$x(10) = -10 + 30e^{-1} \approx -10 + 11.04 = 1.04.$$

При  $u^*(t) = 3$ , уровень загрязнения к моменту  $T = 10$  будет 1.04 единицы вместо 38.96 без очистки. Это подтверждает необходимость максимальной очистки.

Разработана программа и получены результаты.



Оптимальное управление балансирует между очисткой и затратами.

Модель учитывает климат, население и экономические факторы.

## Заключение

В данной статье была сформулирована математическая модель загрязнения окружающей среды, описанная дифференциальным уравнением с управляемым параметром — интенсивностью очистки. С использованием принципа максимума были получены уравнения сопряженной системы и определена оптимальная стратегия управления. Аналитическое решение конкретного числового примера показало, что при оптимальном управлении уровень загрязнения к заданному моменту времени может быть значительно

снижен по сравнению со сценарием без управления. Результаты работы подтверждают эффективность методов оптимального управления в экологических задачах и могут быть применены для разработки стратегий управления промышленными выбросами, планирования природоохраных мероприятий и оптимизации использования ресурсов. Дальнейшие исследования могут быть направлены на учет дополнительных факторов, таких как стохастические возмущения, нелинейные эффекты и многокритериальная оптимизация в экологическом управлении.

### **Использованная литература:**

1. A.A. Agrachev and Y.L. Sachkov. Control theory from the geometric viewpoint, volume 87 of Encyclopaedia of Mathematical Sciences. Springer-Verlag, Berlin, 2004.
2. B. Bonnard, M. Chyba, The role of singular trajectories in control theory. Springer Verlag, 2003.
3. B. Bonnard, L. Faubourg, and E. Tr'elat. M'ecanique c'eleste et contr^ole des v'ehicules spatiaux, volume 51 of Math'ematiques & Applications (Berlin) [Mathematics & Applications]. Springer-Verlag, Berlin, 2006.
4. L. Bourdin, E. Tr'elat. Optimal sampled-data control, and generalizations on time scales. submitted, arxiv:1501.07361, 2015.
5. Bressan and B. Piccoli. Introduction to the mathematical theory of control, volume 2 of AIMS Series on Applied Mathematics. Springfield, MO, 2007.
6. F. Bullo, A.D. Lewis, Geometric control of mechanical systems. Modeling, analysis, and design for simple mechanical control systems. Texts in Applied Mathematics, 49, Springer-Verlag, New York, 2005.
7. B.S. Mordukhovich. Variational analysis and generalized differentiation, I: Basic theory, II: Applications. Volumes 330 and 331 of Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften [Fundamental Principles of Mathematical Sciences]. Springer-Verlag, Berlin, 2006.
8. L.S. Pontryagin, V.G. Boltyanskii, R.V. Gamkrelidze, and H. Schattler, U. Ledzewicz, Geometric optimal control, theory, methods and examples. Interdisciplinary Applied Mathematics, Vol. 38, Springer, 2012.
9. S.P. Sethi and G.L. Thompson. Optimal control theory. Applications to management science and economics. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, second edition, 2000.
10. E. Tr'elat. Contr^ole optimal, th'eorie & applications. Math'ematiques Concretes. Vuibert, Paris, 2005.

## ЎЗГАРУВЧАН ЭЛЕКТР ТОКИ БИЛАН ИШЛОВ БЕРИШНИ УЗУМ НОВДА ҚАЛАМЧАЛАРИ ТУТУВЧАНЛИГИГА ТАЪСИРИНИ НАЗАРИЙ АСОСЛАШ

N.M. Markayev – t. f. f. d (PhD) dotsent, "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti

### **Аннотация**

Мақолада узум новда қаламчасига электр ишлов беришда энергияни қаламчага киритишнинг энергетик хусусиятлари икки муҳит (сув ва қаламча) ли тизимни ҳолатини ҳисобга олган ҳолда ўрганилган. Бунда узум қаламчалари томонидан ютиладиган энергия узум қаламчасининг электр ўтказувчанлиги ( $\gamma_1$ ), узум қаламчаларининг ҳажмий концентрацияси ( $X_1$ ), электр ўтказувчи суюқликнинг ўтказувчанлиги ( $\gamma_2$ ) ва электр ўтказувчи суюқликнинг ҳажмий концентрацияси ( $X_2$ ) га боғлиқ эканлиги аниқланган ҳамда илмий асосланган. Натижада икки муҳитли тизим яъни узум новда қаламчаларининг ҳажмий концентрацияси ( $X_1$ ) ва электр ўтказувчи суюқликнинг ҳажмий концентрацияси ( $X_2$ ) орасидаги муносабат ( $X_1+X_2=1$ ) бирга тенглиги, қаламчалар диаметри 1,2-1,5 см оралиғида, кўндаланг кесим юзаси ( $S$ ) қиймати 113,04-176,625  $\text{мм}^2$  оралиғида ўзгариши, қаламчанинг солиштирма электр қаршилиги электр авжлантириш даврида 106,73-164,85 Ом-м оралиқда ўзгариши ҳамда ишчи камера ичига жойлаштириладиган электродлар орасидаги масофа ( $l$ ), ишлов бериш кучланиши ( $U$ ), электр токининг таъсир вақти ( $t$ ) ни ҳисобга олиш керак эканлиги аниқланди.

**Таянч сўзлар:** электродлар, узум новда қаламчаси, электр авжлантириш, электромагнит майдони, ўтказувчанлик, солиштирма электр қаршилиги, ҳажмий концентрацияси.

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ ПЕРЕМЕННЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ НА ЖИЗНESPОСОБНОСТЬ ЧЕРЕНКОВ ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ

N.M. Маркаев – PhD, доцент Национальный исследовательский университет  
«Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского  
хозяйства»

### **Аннотация**

В статье изучены энергетические свойства ввода энергии в черенки при электрообработке стебля винограда с учетом состояния системы в двух средах (вода и черенков). Установлено что энергия, поглощаемая стеблями винограда, зависит от электропроводности черенков ( $\gamma_1$ ), объемной концентрации черенков ( $X_1$ ), проводимости электропроводящей жидкости ( $\gamma_2$ ) и объемной

концентрации электропроводящей жидкости ( $X_2$ ). В результате определены что, двухсредовая система, т. е. соотношение между объемной концентрацией черенков винограда ( $X_1$ ) и объемной концентрацией электропроводящей жидкости ( $X_2$ ) равно ( $X_1+X_2=1$ ), диаметр черенков находится в пределах 1,2-1,5 см, величина поверхности поперечного сечения ( $S$ ) изменяется в пределах 113,04 -76,625  $\text{мм}^2$ , удельное электрическое сопротивление черенка изменяется в пределах 106,73-164,85 Ом·м, также при времени воздействия ( $\tau$ ) электрического тока необходимо учитывать расстояние между электродами, размещенной в рабочей камере ( $l$ ), напряжение обработки ( $U$ ).

**Ключевые слова:** электроды, виноградные черенки, электрический ток, электромагнитное поле, проводимость, удельное электрическое сопротивление, объемная концентрация.

## THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE EFFECT OF TREATMENT WITH ALTERNATING ELECTRIC CURRENT ON THE VIABILITY OF GRAPEVINE CUTTINGS

*N.M. Markaev – PhD, Associate Professor National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"*

### Abstract

The article studies the energy properties of energy input into cuttings during electrical processing of a grape stem, taking into account the state of the system in two media (water and cuttings). It has been established that the energy absorbed by grape stems depends on the electrical conductivity of the cuttings ( $\gamma_1$ ), the volume concentration of the cuttings ( $X_1$ ), the conductivity of the electrically conductive liquid ( $\gamma_2$ ) and the volumetric concentration of the electrically conductive liquid ( $X_2$ ). As a result, it was determined that the two-environment system, i.e. the ratio between the volume concentration of grape cuttings ( $X_1$ ) and the volume concentration of the electrically conductive liquid ( $X_2$ ) is ( $X_1 + X_2 = 1$ ), the diameter of the cuttings is in the range of 1.2-1.5 cm, the value of the cross-sectional surface ( $S$ ) varies within 113.04 -76.625  $\text{mm}^2$ , the electrical resistivity of the handle varies within 106.73-164.85 Ohm·m, also with the exposure time ( $\tau$ ) of the electric current, it is necessary to take into account the distance between electrodes placed in the working chamber ( $l$ ), processing voltage ( $U$ ).

**Key words:** electrodes, grape cuttings, electric current, electromagnetic field, conductivity, electrical resistivity, volumetric concentration.

**Кириши.**

**Электромагнит майдоннинг иссиқлик таъсиридан ташқари, унинг механик, кимёвий таъсиrlари ҳам мавжуд ва биологик системаларга нисбатан маълум бир таъсирга эга. Биологик объектга электр таъсири кўрсатишида электр энергиясини ўзгартириб ёки бевосита “ноиссиқлик” таъсиrlаридан фойдаланиш мумкун. Маълумки бирон бир муҳитга киритилган энергияни бир қисми ишлов берилаётган жисм томонидан ютилади, бир қисми ўтиб кетади ва бир қисми қайтади (1-расмга қаранг).**

Электр ишлов беришда бажариладиган иш ютилган энергия ҳисобига бўлади. Шунинг учун ҳам технологик жараёнларга энергияни киритишида турли самарали усулларни қўллаш ва уларни тўғри танлаш муҳум босқичлардан бири ҳисобланади.



**1-расм. Энергияни муҳитга таъсири**

Бугунги қунга келиб жаҳонда узум қўчатларини вегетатив усул билан етиштиришда узум қаламчаларининг тутувчанлигини ошириш, қўчатлар ривожланишини яхшилаш учун қаламчаларга экишдан олдин турли ишлов бериш усулларининг янги илмий-техникавий ечимларини яратишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишларини олиб бориши буғунги кунда долзарб ҳисобланади. Узумчиликка ихтисослашган кластерлар, дехқон ва фермер хўжаликларининг олдида турган асосий вазифалардан бири, узум асортиментини қўпайтириш, қўчат етиштириш ҳажми ва сифатини ошириш, етиштирилган қўчатларнинг таннархини пасайтириш, қўчатларни соғлом, тана, новда ва илдизларда ҳеч қандай заарланишларсиз бўлиши ва қўчат етиштириш рентабеллигини ошириб бориши зарурдир [1].

**Кўриб чиқилаётган муаммонинг ҳозирги ҳолати.** Бу эса қўчатнинг соғлом тана, навда ва илдизларида ҳеч қандай заарланишларсиз етиштирилган узум қўчатларини ишлаб чиқаришни кескин қўпайтиришни талаб қиласди. Бунда қаламчаларни илдиз ҳосил бўлиш даражаси ва тутувчанлигини оширишда қаламчаларга экишдан олдин турли усуллар билан

(механик, физиологик, кимёвий, анъанавий, электрофизик ва хоказолар) дастлабки ишлов берилади [2].

Бунда самарали усуллардан бири бу электрофизик (электр майдон, магнит майдон, электр токи, импульси электромагнит майдон ва хоказолар) усуллар ҳисобланади [3,4,5,6]. Узум новда қаламчалариға экишдан олдин электр ишлов беришда қаламча ва ишлов бериш жараёндаги муҳитни ҳисобга олиш муҳим ҳисобланади [7].

Ўсимликлар дунёсига мансуб қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари ва ёғочлашган дараҳт новда қаламчалариға электрофизик таъсирларни ўрганиш ва кўчатларини етиштириш технологиясини такомиллаштириш бўйича, П.П.Радчевский, А.Г.Кудряков, В.А.Петрухин ва бошқа бирқанча олимлар илмий тадқиқотлар олиб борган бўлиб ижобий натижаларга эришилган [8,9].

Узум қаламчаларини экишдан олдин электр таъсир кўрсатишда уларнинг алоҳида қисмларини электр занжирининг элементлари сифатида тасвираш мумкин [10]. Узум қаламчаси ва ўсимликлар дунёсига мансуб қишлоқ хўжалиги маҳсулотларининг яъни ўсимлик элементларнинг характеристикаси ишлов бериладиган қаламчани электр манбаига улаш усуллари ва унинг тузилиши билан белгиланади. Кудряков А.Г аниқлашича, узум қаламчалариға экишдан олдин электр токи билан дастлабки ишлов беришда энг тўғри усул суюқ электр ўтказувчи эритма орқали узум қаламчасининг кесилган жойларига электр энергиясини этказиб беришdir [5].

Бу борада, жумладан узум кўчати тайёрланадиган қаламчаларга инфрақизил, электромагнит нурлар ва электр токи билан ишлов бериб уларнинг ривожланишини авжлантириш, вегетатив ривожланишини бирхиллаштириш ва сифатини ошириш ҳамда энергия ва ресурсларни тежаш имконини яратадиган усул ва воситаларни ишлаб чиқишига алоҳида эътибор берилмоқда [11,12]. **Узум қаламчаларининг намлиги ГОСТ 28181-89 га асосан 46% дан кам бўлмаслиги шартлиги кўрсатилган.** ГОСТ 28181-89 талабига кўра узум қаламчаларининг намлиги экиш даврида қанча юқори бўлса унинг тутувчанлиги шунча йўқори бўлади.

Бугунги кунда узум қаламчалариға экишдан олдин электр ишлов бериш усуллари орқали ишлов бериш даврида унинг намлиги камайиб кетади. Шу жиҳатдан олиб қаралганда узум қаламчалариға электр ишлов бериш орқали улардаги биофизик жараёнларни тезлаштиришни таъминлайдигин ҳамда узум новда қаламчасининг намлигини **46% дан** камайтирган ҳолда электр авжлантириш усулини илмий асослаш ва жараённи технологик параметрларини асослаш долзарб масалалардан биридир.

**Масаланинг қўйилиши.** Маълумки бугунги кунда етиштирилаётган сифатли узум кўчатлариниқарийиб 90% асосан вегетатив усуллар билан етиштирилмоқда. Бунда узум новда қаламчалари тутувчанлиги ўртача ҳисобда

65-80 % ни ташкел қилиб, экилган қаламчаларнинг 20-25 % кўкармасдан қолиб кетади [13].

Узум новда қаламчаларига экишдан олдин электр ишлов бериш орқали қаламчаларни электр авжлантириш орқали тутувчанлик даражасини ошириш мумкун эканлигини бугунги кундаги илм фан исботламоқда. Бунда узум новда қаламчаларига энергияни киритиш усулларини излаб топиш ва уни муҳитга самарали киритиш йўлларини аниқлаш ҳамда таъсир қилувчи параметрларни илмий асослаш муҳум масалалардан бири бўлиб қолмоқда. [14,15]. Узум новда қаламчаларига экишдан олдин электр ишлов бериш муҳитга киритиладиган энергия миқдори ва тасир қилиш вақди катта аҳамиятга эга бўлиб уни аниқ қийматларини аниқлаш тадқиқот самарадорлигини характерлайди [16,17,18,19]. Юқоридаги маълумотлардан келиб чиқиб узум қаламчаларига экишдан олдин электр ишлов бериш орқали қаламчаларни электр авжлантиришда тасир қилувчи фактор сифатида ишлов бериш кучланиш ( $U$ ), ишлов бериш вақти ( $t$ ), электродлар орасидаги масофа ( $l$ ), қаламча кундаланг кесм юзаси ( $S$ ) ва қаламча солиштирма электр қаршилиги ( $p$ ) ни ўрганиш ҳамда қийматларини аниқлаш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

**Ечиш усули (услублари).** Тадқиқотларда адабиётлар шархи бўйича статистик маълумотлар, тажриба натижалари ва назарий тадқиқотларга ишлов бериш усулларидан фойдаланилган. Бунда олиб борилган тажрибалар натижалари асососида назарий тадқиқотлар орқали илгари сурилган илмий гипотезани исботлаш ва хulosаларни қабул қилиш ҳамда таъсир қилувчи факторларни аниқлаш имконияти яратилади.

**Натижалар таҳлили ва мисоллар.** Узум новда қаламчаларини электр авжлантиришда қаламчаларга киритиладиган фойдали энергияни етказиб беришда энг самарали усуллардан бири электр ўтказувчи суюқлик орқали амалга оширишdir. Бу технологик жараёнда яъни узум новда қаламчаларини экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан ишлов беришда иккита компонентли восита қайта ишланади. Электр ўтказувчи суюқлик (сув) ва узум новда қаламчалари [20].

Биз таклиф қилаётган усул бу узум қаламчаларини электр ўтказувчи суюқликга солинганда **вақт ўтиши билан унинг намлиги ошади ва шунга асосан ундан ўтаётган электр токи вақт давомида ўзгарибборади.** [21]. Бу технологик жараёнда қаламчалар томонидан ютиладиган энергия фойдали иш бажаради. Суюқлик томонидан ютилган энергия сувни қиздиришга сарфланади ва исроф бўлади. Қаламчаларда илдиз ҳосил бўлиш даражасини электр авжлантиришда максимал самарадорликка эришиш учун сув ва қаламчаларни ҳажмли оптимал нисбатларини аниқлашни талаб қиласди.

А.Г.Кудряков қаламчаларда илдиз ҳосил бўлиш даражасини электр авжлантиришда икки компонентли (сув ва қаламча) тизимнинг электр ўтказувчанлиги орасидаги ўзаро боғлиқликни аниқлашда қуидаги формуладан топилишини таклиф қилган.

$$\gamma = \gamma_1 \cdot X_1 + \gamma_2 \cdot X_2 ; \quad (1)$$

Бунда:  $\gamma_1$  -узум қаламчасининг электр ўтказувчанлиги;

$X_1$ -узум қаламчаларининг ҳажмий концентрацияси;

$\gamma_2$  -электр ўтказувчи суюқликнинг ўтказувчанлиги;

$X_2$ - электр ўтказувчи суюқликнинг ҳажмий концентрацияси;

Икки компонентли тизим узум қаламчаларининг ҳажмий концентрацияси ва электр ўтказувчи суюқликнинг ҳажмий концентрациясида қуидаги гепотезани илгари сурис мумкин:

$$X_1 + X_2 = 1$$

Бу назарда тутади

$$\sum_{i=1}^2 (\gamma_i - \gamma_{muz}) \cdot X_i \approx 0 \quad (2)$$

Бунда:  $\gamma_i$  - тизимнинг и компонентининг электр ўтказувчанлиги;

$\gamma_{muz}$  - тизимнинг электр ўтказувчанлиги;

$X_i$ - тизимни и компонентининг ҳажимли концентрацияси;

Технологик жараёнда (2) формиладаги  $X_i$  тизимни і компонентининг ҳажимли концентрациясини  $X_i^{''}$  тизимни і компонентининг самарали ҳажм концентрациясидан кичик ёки тенг деб қараш мумкун деб бўлади:

$$X_i^{''} \leq X_i \quad (3)$$

бунда:  $X_i^{''}$  - тизимни и компонентининг самарали ҳажим концентрацияси;

Демак бу ҳолат учун формула (3) қуюдаги кўринишга келади.

$$\sum_{i=1}^2 (\gamma_i - \gamma_{muz}) \cdot X_i^{''} = 0 \quad (4)$$

бунда:  $X_i^{''}$  - тизимни і компонентининг самарали ҳажм концентрациясини нимага тенглиги аниқланади:

$$X_i^u = \frac{X_i}{f\left(\frac{\gamma_i}{\gamma_{mu3}}\right)} \quad (5)$$

бунда:  $f(y) \geq 1$  ва  $\lim_{y \rightarrow 0} f(y) = 1$

$f(y)$  функцияни қатор сифатида ифодаланади:

$$\sum_{i=1}^2 (\gamma_i - \gamma_{mu3}) \frac{X_i}{1 + d_i \frac{\gamma_i}{\gamma_{mu3}}} = 0 \quad (6)$$

Бу ҳолат учун тенгламанинг ечими ( $i=2$ ) кўринишга эга бўлади:

$$\gamma_{mu3} = A(X_i, \gamma_i, d_i) + \sqrt{A^2(X_i \cdot \gamma_i \cdot d_i) + \gamma_1 \cdot \gamma_2 (d_i \cdot X_2 + d_2 \cdot X_i)} \quad (7)$$

$$A = (X_i, \gamma_i, d_i) = \frac{\gamma_1 (X_1 - d_i \cdot X_2) + \gamma_2 (X_2 - d_i \cdot X_1)}{2} \quad (8)$$

бунда:  $d_i = \frac{1}{2}$  деб қабул қилинди

Шунда  $\gamma_{mu3}$  тизимнинг тўла электр ўтказувчанилигини қўйидагича ёзиш мумкин бўлади:

$$\gamma_{mu3} = \frac{(3X_1 - 1) \cdot \gamma_1 + (3X_2 - 1) \cdot \gamma_2}{4} + \sqrt{\frac{[(3X_1 - 1) \cdot \gamma_1 + (3X_2 - 1) \cdot \gamma_2]^2}{16} + \frac{\gamma_1 \cdot \gamma_2}{2}} \quad (9)$$

ёки бошқа шакилда:

$$\gamma_{mu3} = \frac{(3X_1 - 1) \cdot \gamma_1 + (2 - 3X_1) \cdot \gamma_2}{4} + \sqrt{\frac{[(3X_1 - 1) \cdot \gamma_1 + (2 - 3X_1) \cdot \gamma_2]^2}{16} + \frac{\gamma_1 \cdot \gamma_2}{2}} \quad (10)$$

Узум новда қаламчасини экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан ишлов бериш технологиясида қаламчаларга киритиладиган фойдали энергияни етказиб беришда иккинчи компонент яъни сувдан фойдаланилади. Бунда жараёнда фойдаланиладиган умумий энергиянинг бир қисми юқори сув концентрациясида ютилади ва уни қизитишга сарфланади. Узум кўчат этиштиришнинг самарадор электротехнологияси (узум новда қаламчалариға экишдан олдин ўзгарувчан электр токи ёрдамида дастлабки ишлов бериш) ни характерлаш учун икки компонентли тизимда ютилаётган энергияларни аниқлаш ва жараённи оптималлаштириш керак.

Турчанин О. С., Коваленко Й. А., Титаревский А. Л., Шебетеев В. А ва Сбитнева Н. И тадқиқотларида икки компонентли (сув ва қаламча) тизимда

ютилаётган умумий  $W_{ym}$  энергия сарфини ҳисоблашда Джоул-Ленц формуласидан фойдаланиб энергия тавсифлаган:

$$W_{ym} = \gamma_{mu_3} \cdot U^2 \quad (11)$$

Демак энергиянинг сақланиш қонунига асосан иккинчи компонентли тизимга асосланган технологияда узум новда қаламчалари томонидан ютиладиган  $W_1$  фойдали энергияни қуидагича ифодалаш мумкин бўлади.

$$W_1 = W_0 - W_2 \quad (12)$$

бунда:  $W_1$  - узум новда қаламчалари томонидан ютиладиган фойдали энергия;

$W_2$  - сувни электр иситиш учун сарфланадиган энергия;

В.А.Петрухин тадқиқотларида мевали дарахтлар қаламчаларига электр ишлов беришда (13) ифодани аниқлаган, яъни мевали дарахт қаламчаларига электр ишлов беришда тутувчанлик даражасини  $(S_{ym})$  қуидагича тавсифлаган.

$$S_{ym} = 1 - \left( S_0 - \frac{\gamma}{\alpha} \right) \cdot e^{-\alpha(W-W_0)} - \frac{\gamma}{\alpha} \quad (13)$$

бунда:  $S_0$  – бошланғич тутувчанлик, %

$\gamma = \beta / R_h$  – белгилаш киритилган

$\beta$  – пропорционлик коэффициенти,  $\Omega / J$ .

$R_t$ -жорий қаршилиқ,  $\Omega$

$R_h$  – бошланғич қаршилиқ,  $\Omega$

$\alpha$  – пропорционлик коэффициенти,  $1/J$ .

Буз узум новда қаламчаларини электр авжлантиришга сарфланаётган қувватни қуидагича ёзиш мумкун бўлади

$$P_1 = I \cdot U \cdot \cos \varphi = U \cdot I \cdot \frac{g}{y} = U \cdot I \cdot Z \cdot g = g \cdot U^2 = \frac{1}{R_k} \cdot U^2 \quad (14)$$

бунда:  $g_a$  – актив ўтказувчанлик,  $S$ ;

$y$  - тўла ўтказувчанлик,  $S$ ;

$Z$  - тўла қаршилиқ,  $\Omega$ ;

Узум новда қаламчаларини электр авжлантиришда қаламча томонидан ютиладиган фойдали энергия ( $W_{кал.фой}$ ) ни қуидагича ифодаланади

$$W_1 = P_1 \cdot \tau = \frac{\tau}{R} \cdot U^2 = U^2 \frac{\tau}{R} = U^2 \frac{\tau}{\rho_s \frac{l}{S}} \quad (15)$$

бунда:  $\tau$  - узум новда қаламчасига электр ишлов бериш вақти, соат

$l$  – узум новда қаламчасининг узунлиги, см

$S$  – қаламчанинг кўндаланг кесим юзаси,  $\text{мм}^2$

$\rho_s$  - узум новда қаламчасининг солишири мақориети, **Ом**-м

Сувни электр иситиш учун сарфланадиган энергияни текис параллель электрод системаси учун Джоул-Ленц формуласидан фойдаланилади

$$W_2 = P_2 \cdot \tau = U^2 \frac{\tau}{R_s} = U^2 \frac{\tau}{\frac{\rho_s l}{S}} = U^2 \frac{\tau}{\frac{\rho_s l}{(\sigma \cdot h)}} \quad (16)$$

бунда:  $\rho_s$  - сувнинг солишири мақориети, **Ом**-м

$l$  – текис параллель электрод системаси орасидаги масофа, м

$\sigma, h$ - электрод системасининг геометрик ўлчамлари, см

(11) ва (16) ифодани (13) ифодага қўйиб, қуйидагига эга бўлдик:

$$S_{mym} = 1 - \left( S_0 - \frac{\gamma}{\alpha} \right) \cdot e^{-\alpha \left( \gamma_{mym} \cdot U^2 - U^2 \frac{\tau}{\frac{\rho_s l}{(\sigma \cdot h)}} \right)} - \frac{\gamma}{\alpha} \quad (17)$$

Тасвиrlанган (17) ифодани соддалаштирадиган бўлсак (18) назарий ифода эга бўлдик

$$S_{mym} = 1 - \left( S_0 - \frac{\gamma}{\alpha} \right) \cdot e^{-\alpha \left( U^2 \frac{\tau}{\frac{\rho_s l}{S}} \right)} - \frac{\gamma}{\alpha} \quad (18)$$

Узум новда қаламчаларини геометрик ўлчамларини ўрганиш шуни кўрсатдики, ГОСТ 1191-2009 (O'zDSt 1191:2009) ва ГОСТ 28181-89 бўйича қаламчалар диаметри 1,2-1,5 см бўлиши белгиланган. Бунда қаламчанинг кўндаланг кесим юзаси ( $S$ ) қиймати 113,04-176,62  $\text{мм}^2$  оралиқда, солишири мақориети ( $\rho$ ) ги эса 106,73-164,85 **Ом**-м оралиқда ўзгариши аниqlанди. Ушбу ифодадан кўринадики, узум новда қаламчаларининг тутувчанлик даражаси ишлов бериш кучланиши ( $U$ ), ишлов бериш вақти ( $\tau$ ), электродлар орасидаги масофа ( $l$ ) га боғлиқлигини кўрсатади. Тадқиқотлар натижалари асосида шакиллантирилган (18) назарий ифода узум новда қаламчаларига экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан ишлов беришнинг самарадорлигини характерлайди.

**Олиб борилган тадқиқотлар натижасида «Кишмиш черный» навли узум новда қаламчаларини экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан дастлабки ишлов беришда таъсир қилувчи факторлар сифатида ишлов бериш кучланиши ( $U$ ), ишлов бериш вақти ( $t$ ) ва электродлар орасидаги масофа ( $l$ ) ни олиш ҳамда шу факторларни ўзгартирган ҳолда тадқиқотлар олиб борилса қаламчалар тутувчанлигини оширишга имкон яратади**

## **Хуносаси**

“Кишмиш черный” нави узум қаламчаларига энергияни киритиш усуллари ва унга таъсир қилувчи факторларни аниқлаш даврида қуйидаги хуносаларга келинди.

- Узум қаламчаларига экишдан олдин электр ишлов бериш орқали уни электр авжлантириш мумкун. Натижада узум новда қаламчаларга электр ишлов беришда қаламча намлигини ҳисобга олиш ва ГОСТ 28181-89 га **асосан 46% дан кам бўлмаслиги шарт эканлиги** аниқланди.

- Узум қаламчаларига экишдан олдин электр ишлов беришда геометрик ўлчамларини ҳисобга олиш муҳим параметрлардан бири ҳисобланади. Натижада ГОСТ 1191-2009 (O'zDSt 1191:2009) ва ГОСТ 28181-89 бўйича ҳамда тажрибалар натижалари асосида қаламчалар диаметри 1,2-1,5 см оралиғида, кўндаланг кесим юзаси ( $S$ ) қиймати 113,04-176,625  $\text{мм}^2$  оралиқда бўлиши аниқланди.

- Узум новда қаламчаларда илдиз ҳосил бўлиш даражасини электр авжлантиришда икки муҳитли (сув ва қаламча) тизимнинг электр ўтказувчанлиги орасидаги ўзаро боғлиқлиги ўрганилди. Натижада узум қаламчалари томонидан ютиладиган энергия узум қаламчасининг электр ўтказувчанлиги ( $\gamma_1$ ), узум қаламчаларининг ҳажмий концентрацияси ( $X_1$ ), электр ўтказувчи суюқликнинг ўтказувчанлиги ( $\gamma_2$ ) ва электр ўтказувчи суюқликнинг ҳажмий концентрацияси ( $X_2$ ) га боғлиқ эканлиги аниқлаш имкони яратилди.

- Икки муҳитли (сув ва қаламча) тизимнинг ҳажмий концентратсиялари ва уларнинг ҳолати мавжуд адабиётлар таҳлили, тажриба натижалари ва назарий жиҳатдан таҳлил қилинди. Натижада икки муҳитли тизим яъни узум новда қаламчаларининг ҳажмий концентрацияси ( $X_1$ ) ва электр ўтказувчи суюқликнинг ҳажмий концентрацияси ( $X_2$ ) орасидаги муносабат ( $X_1+X_2=1$ ) бирга тенглиги аниқланди.

- Узум қаламчаларига экишдан олдин дастлабки ишлов беришда қаламчани солишишима электр қаршилиги электр ишлов беришни натижадорлигини характиrlайдиган параметр сифатида қаралди. Натижада узум новда қаламчасининг солишишима электр қаршилиги электр авжлантириш даврида 106,73-164,85 Ом-м оралиқда ўзгариши аниқланди.

- Узум новда қаламчаларига экишдан олдин электр ишлов бериш қаламчалар тутувчанлик даражасини оширади. Бунда ишлов бериладиган мұхиттегі киритиладиган энергия турли факторларга боғлиқ бўлиши ва унинг қийматлари амалий ҳамда назарий жиҳатдан ўрганилди. Натижада узум новда қаламчаларига экишдан олдин дастлабки электр ишлов беришда ишчи камера ичига жойлаштириладиган электродлар орасидаги масофа ( $I$ ), ишлов бериш кучланиши ( $U$ ), электр токининг таъсир вақти ( $t$ ) ни ҳисобга олиш керак эканлиги аниқланди.

<b>№</b>	<b>Адабиётлар</b>	<b>References</b>
1	“Узумчиликни ривожлантиришда кластер тизимини жорий этиш, соҳага илғор технологияларни жалб қилишни давлат томонидан қўллаб-қувватлашнинг қўшимча чора-тадбирлари тўғрисида” ПҚ-5200- сонли Президент Қарори - Тошкент, 2021 йил 8 июль	<i>Uzumchilikni rivozhlantrishda klaster tizimini zhoriy jetish, sohaga ilfor tehnologijalarni zhalb qilishni davlat tomonidan kyllab-kuvvatlashning kyshimcha chora-tadbirlari tyfritisida</i> [On additional measures for the introduction of the cluster system in the development of viticulture, state support for attraction of advanced technologies in this sphere] Tashkent, July 8, 2021. (in Uzbek)
2	Султонов К.С. Узумнинг юқори сифатли сертификатланган кўчатларини ишлаб чиқариш тизимининг илмий асослари. Автореферат. Диссертация қишлоқ хўжалиги фанлари доктори. – Тошкент шаҳар, 2018. – 222 б.	<i>Sultonov KS Uzumning yukori sifatli sertifikatlangan kuchatlarini ishlab chikarish tizimining ilmiy asoslari</i> [Scientific basis of the system of production of high quality certified grape seedlings] Authorship. Dissertation Doctor of Agricultural Sciences.- Tashkent, 2018. Page 222. (in Uzbek)
3	Лыков А. С., Щебетеев В. А., Сквортцов В. А. Энергетические показатели установки электростимуляции черенков винограда. Technical science “Colloquium-journal” 3(27). 2019 год, 37-40 с.	<i>Lykov A.S., Schebeteev V.A., Skvortsov V.A. Energeticheskiye pokazateli ustanovki elektrostimulyatsii cherenkov vinograda</i> [Energy indicators of the installation of electrical stimulation of grape cuttings] Technical science “Colloquium-journal” №3 (27). 2019, 37-40 p. (in Russian)
4	Малтабар Л.М. Еще раз о системе и суперинтенсивной технологии производства сертифицированного посадочного материала.	<i>Maltabar L.M. Yeshche raz o sisteme i superintensivnoy tekhnologii proizvodstva sertifitsirovannogo posadochnogo materiala</i> [Once again

	Питомниководство винограда. Краснодар, 2004. – С.8-16.	about the system and superintensive technology for the production of certified planting material] Nursery grapes.Krasnodar, 2004. Pp.8-16. (in Russian)
5	Кудряков А.Г. Стимуляция корнеобразования черенков винограда электрическим полем: Автореферат. Диссертация канд.техн.наук. Краснодар, 1999. 23 с.	Kudryakov A.G. <i>Stimulyasiya korneobrazovaniya cherenkov vinograda zhelektricheskim polem</i> [Stimulation of root formation of grape cuttings by an electric field]: Authorized fats. Dissertation for Candidate of Technical Sciences, Krasnodar, 1999, 23 p. (in Russian)
6	Кудряков А.Г., Перекомий Г.П., Радчевский П.П., Лыков А.С., Безлер С.Ю. Повышение способности корнеобразования виноградных черенков с помощью электрического тока. Краснодар, 1999, 23 с.	Kudryakov A.G., Perekomy G.P., Radchevsky P.P., Lykov A.S., Bezler S.Yu. <i>Povyshenie sposobnosti korneobrazovaniya vinogradnykh cherenkov s pomoshch'yu elektricheskogo toka</i> [Increasing the rooting ability of grape cuttings using electric current.] Krasnodar, 1999, 23 p. (in Russian)
7	Н.М.Маркаев, Ў.Холикназаров, Ш.Юсупов “Электромагнит майдон энергиясидан электротехнологик мақсадларда фойдаланиш имкониятлари” Ўзбекистон Қишлоқ ва сув хўжалиги журнали Махсус сони 2019. 2019 йил 11 ноябрь. – Б 50-51.	NM Markaev, O. Kholiknazarov, Sh. Yusupov <i>Elektromagnit may-don energiyasidan elektrotehnologik maksadlarda foydalanish imkoniyatlari</i> [Opportunities for the use of electromagnetic field energy for electrotechnological purposes] Journal of Agriculture and Water Resources of Uzbekistan Special issue 2019. November 11, 2019. Pp. 50-51. (in Uzbek)
8	Погосян К.С., Бабаканян М.А. Выращивание саженцев винограда на гидропонике. Виноделие и виноградарство. – Москва, 2001. – №2.– 29 с.	Pogosyan K.S., Babakanyan M.A. <i>Vyrashchivaniye sazhentsev vinograda na gidroponeike</i> [Growing grape seedlings hydroponically] Winemaking and viticulture. Moscow, 2001. No2.29 p. (in Russian)
9	Лучинкин А.А. О стимулирующем действии электрического тока на виноградные прививки / Науч. Тр. УСХА. Киев, 1980. Вып. 247. С 124.	A.A. Luchinkin <i>O stimulirujushhej dejstvii jelektricheskogo toka na vinogradnye privivki</i> [On the stimulating effect of electric current on grape vaccinations] Scientific. Tr. MUSHROOM. Kiev, 1980. Issue. 247. p 124. (in Russian)

10	<p>Перекотий Г. П., Кудряков А. Г., Винников А. В. Стимулирующее действие электрического тока на корнеобразование посадочного материала винограда. Труды Кубанского государственного аграрного университета, № 346, 1996. – С. 153.</p>	<p>Perekotiy G. P., Kudryakov A. G., Vinnikov A. V. <i>Stimulirujushhee dejstvie jelektricheskogo toka na korneobrazovanie posadochnogo materiala vinograda.</i> [Stimulating effect of electric current on the root formation of grape planting material] Proceedings of the Kuban State Agrarian University, No. 346, 1996. - p. 153. (in Russian)</p>
11	<p>Радчевский П.П., Черкунов В.С., Трошин Л.П. Применение биологически активного вещества «Радикс» при выращивании виноградного посадочного материала // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №60(06). С. 358 – 378.</p>	<p>Radchevsky P.P., Cherkunov V.S., Troshin L.P. <i>Primenenie biologicheski aktivnogo veshchestva «Radiks» pri vyrashchivaniyu vinogradnogo posadochnogo materiala</i> [The use of the biologically active substance "Radix" in the cultivation of grape planting material] Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific journal KubSAU) Krasnodar: KubSAU, 2010. No. 60 (06). Pp. 358 - 378. (in Russian)</p>
12	<p>Радчевский П.П., Трошин Л.П. Регенерационные свойства виноградных черенков под влиянием обработки их гетероауксином в зависимости от сортовых особенностей // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №03(077). С.1194–1223.</p>	<p>P.P. Radchevsky, L.P. Troshin <i>Regeneratsionnye svoystva vinogradnykh cherenkov pod vliyaniem obrabotki ikh geteroauksinom v zavisimosti ot sortovuykh osobennostey</i> [Regenerative properties of grape cuttings under the influence of their treatment with heteroauxin depending on varietal characteristics] Scientific journal KubSAU. Krasnodar: KubGAU, 2012. No03 (077). Pp. 1194-1223. (in Russian)</p>
13	<p>Абдураманова С.Х. Ток қаламчаларини тайёрлаш ва кўчатини кўпайтириш усуллари // “Ўзбекистонда озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлашда мева-сабзавот ҳамда узумчилик соҳасининг роли ва аҳамияти” мавзуусида Халқаро илмий-амалий анжуман конференсияси</p>	<p>Abduramanova S.X. Tok қalamchalarini tajjorlash va kychatini kypajtirish usullari [Methods of preparing vine cuttings and growing seedlings] // Proceedings of the international scientific and practical conference on the topic "The role and importance of fruit and vegetable and viticulture in ensuring</p>

	тўплами.-Тошкент, 2017 йил. –б. 123-125.	food security in Uzbekistan". – Tashkent, 2017. - p. 123-125. (in Uzbek)
14	Бердишев А.С., Матчонов О.Г., Маркаев Н.М. Использование электрофизических методов для ускорения роста корней винограда // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN: 2350-0328 Vol. 8, Issue.– Индия, 2021. – С. 18510-18514.	Berdishhev A.S., Matchonov O.Q., Markayev N.M. <i>Ispol'zovanie elektrofizicheskikh metodov dlja uskorenija rosta kornej vinograda</i> [Use of Electrophysical Methods to Accelerate Root Growth in Grapes] // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN: 2350-0328 Vol. 8, Issue.– India, 2021. – С. 18510-18514. (in India)
15	Маркаев Н.М. Электрофизик усулларнинг узум қаламчаларида илдиз ҳосил бўлиш жараёнларга таъсири // "Irrigatsiya va melioratsiya" журнали №4(26).- Тошкент, 2021. –б. 51-56.	Markayev.N.M. <i>Jelektrofizik usullarning uzum қalamchalarida ildiz ҳosil bўlish zharajonlarga tasiri</i> [ <b>Influence of electrophysical methods on the processes of root formation of grapes</b> ] // №4(26).2021 <b>Journal of "Irrigation and melioration"</b> Tashkent, 2021. – б. 51-56. (in Uzbek)
16	Н.М.Маркаев, Ш.Юсупов, Б.Хушбоқов Ш.Раҳмонов Узум кўчатларини илдиз отиш жараёнини авжлантиришда электротехнологик усуллардан фойдаланиш АгроИлм журнали Махсус сони [70], 2020. 2020 йил 23 ноябрь. – Б. 41-42.	N.M. Markaev, Sh.Yusupov, B.Khushboqov. Rakhmonov <i>Uzum kuchatlarini ildiz otish zharayonini avzhlantirishda elektroteh-nologik usullardan foydalanish</i> [Use of electrotechnological methods in accelerating the process of rooting of grape seedlings] Agro Ilm Journal Special Issue [70], 2020. November 23, 2020. Pp. 41-42. (in Uzbek)
17	Т.Байзаков, Ш.Юсупов Н.Маркаев, “Изучение воздействия энергии электромагнитного поля на соответствующие виды растительного мира и обоснование возможностей применения их в технологических целях” Ўзбекгидроэнергетика журнали III (7) 7.10.2020.	T. Baizakov, N. Markaev, Sh. Yusupov <i>Izuchenije vozdeystviya energii elektromagnitnogo polya na sootvetstvuyushchiye vidy rastitel'nogo mira i obosnovaniye vozmozhnosti primeneniya ikh v tekhnologicheskikh tselyakh</i> [Study of the impact of the energy of the electromagnetic field on the corresponding species of the plant world and substantiation of the possibility of using them for technological purposes]

		Uzbekhydroenergetics journals III (7) 7.10.2020. Pp 25-28. (in Russian)
18	Berdishev A S., Markaev NM., Hasanov J. Effects of electrophysical processing on the development of vine root roots. E3S Web of Conferences 264, 04090 (2021). CONMECHYDRO 2021	Berdishev A S., Markaev NM., Hasanov J. Effects of electrophysical processing on the development of vine root roots. E3S Web of Conferences 264, 04090 (2021). CONMECHYDRO 2021
19	Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – Москва: Машиностроение, 1977. – 328 с.	Sineokov G.N., Panov I.M. <i>Teoriya i raschet pochvoobrabatuyushchikh mashin</i> [Theory and calculation of tillage machines.]. Moscow. Mashinostroenie, 1977. 328 p. (in Russian)
20	Турчанин О. С., Коваленко Ю. А., Титаревский А. Л., Щебетеев В. А., Сбитнева Н. И. Расчет соотношения между объемами токоподводящей жидкости и виноградных черенков при электростимуляции. «Colloquium-journal» #7(31),2019 / TECHNICAL SCIENCE. 2019.-25-27 с.	Turchanin O. S., Kovalenko Yu. A., Titarevsky A. L., Shchebeteev V. A., Sbitneva N. I. <i>Raschet sootnoshenija mezhdu ob'emiами tokopodvodjashhej zhidkosti i vinogradnyh cherenkov pri jelektrostimuljacii</i> . [Calculation of the ratio between the volumes of current-carrying liquid and grape cuttings during electrical stimulation]. «Colloquium-journal» #7(31),2019 / TECHNICAL SCIENCE. 2019.-25-27 p. (in Russian)
21	Турчанин О.С., Щебетеев В.А., Кузьменко М.Э., Ошатинский А.В., Вельмисев В.С., Власенко Е.В. Воздействие на виноградные черенки постоянного и переменного напряжений // «Colloquium-journal»#2(54),2020.-с. 177-180	Turchanin O.S., Shchebeteev V.A., Kuzmenko M.E., Oshatinsky A.V., Velmisev V.S., Vlasenko E.V. <i>Vozdejstvie na vinogradnye cherenki postojannogo i peremennogo naprijazhenij</i> [Impact on grape cuttings of constant and alternating stresses] // «Colloquium-journal»#2(54),2020.-с. 177-180 (in Russian)

### Muallif xaqida ma'lumot

**1. Markayev Nuriddin Murodovich** – “Elektrotexnologiyar va elektr uskunalar ekspluatatsiyasi” kafedrasi dotsenti (PhD), “TIQXMMI” MTU, Qori-Niyoziy-39, tel.: 97.7364939, e.mail: [Markayev19@gmail.com](mailto:Markayev19@gmail.com)

## **QISHLOQ XO'JALIGI PESTITSIDLARINI AVTONOM TARZDA KVADROKOPTER TURIDAGI UCHUVCHISIZ UCHISH VOSITASI ORQALI PURKASH.**

***Qodirov Sayfullo Xabibullo o'g'li* - 1-bosqich tayanch doktoranti (PhD)  
[kodirov.sayfullo@tiiame.uz](mailto:kodirov.sayfullo@tiiame.uz), «TIQXMMI» milliy tadqiqot universiteti  
Toshkent, O'zbekiston**

**Annotation.** Ushbu maqolada avtonom qishloq xo'jaligi pestitsid purkovchi uchuvchisiz uchish vositasi (UUV) ning kvadrokopter turidagi loyihasi va tahlili muhokama qilinadi. So'nggi bir necha o'n yilliklarda qishloq xo'jaligi texnikalari oziq-ovqatga bo'lgan doimiy o'sib borayotgan talabni qondirish uchun sezilarli darajada rivojlandi. Ushbu texnologiya hosildorlikni oshirish va ekinlarning o'sishini monitoring qilishda yordam beradi. Bu UUV yordamida o'g'itlar yoki pestitsidlarni dalaga bir tekisda purkash mumkin. Bundan tashqari, masofadan xaritalash funksiyasi fermerlarga o'z dalalarini yuqorida ko'rish imkonini beradi va zararkunandalar mavjudligini, ekinlarning shikastlanishini hamda tuproq holatini tezda aniqlashga yordam beradi. Ushbu maqolada kvadrokopter turida ishlab chiqilgan UUV haqida ma'lumot beriladi. Ushbu dron quyidagi xususiyatlarga ega: 40 litrga ega suyuqlik sig'imiga bilan masofadan boshqariladigan purkash moduli, 4K kamera, maksimal 50 kg yuk ko'tarish qobiliyati, yuqori aniqlikdagi GPSga ega ilg'or autopilot tizimi, avtonom missiyalar uchun.

**Kalit so'zlar:** UUV, WSN, BLDC (kollektorsiz motor), ESC, LiPo (akkumlyator), Purkash tizimi, o'simliklar himoyasi, dron (bortida ekipaj bo'limgan, masofadan boshqariladigan qurilma)

**Abstract.** This article discusses the design and analysis of an autonomous agricultural pesticide spraying drone (UAV) of the quadcopter type. In recent decades, agricultural technologies have advanced to meet the growing demand for food. This drone helps increase crop yields and monitor growth. It can uniformly spray fertilizers or pesticides across fields and, through remote mapping, allows farmers to quickly detect pests, crop damage, and soil conditions. The article describes a quadcopter drone with the following features: a 40-liter sprayer, a 4K camera, a 50 kg payload capacity, and an advanced autopilot system with GPS.

**Keywords:** UAV, WSN, BLDC, ESC, LiPo, spraying system, plant protection, drone.

**Аннотация.** В статье рассматривается проект и анализ автономного дрона (БПЛА) типа квадрокоптера для распыления пестицидов в сельском хозяйстве. За последние десятилетия сельскохозяйственные технологии развились, чтобы удовлетворить спрос на продовольствие. Этот дрон помогает увеличивать урожайность и следить за ростом культур. Он равномерно распыляет удобрения или пестициды по полям и с помощью дистанционного картографирования позволяет быстро выявлять вредителей, повреждения культур и состояние почвы. В статье описан квадрокоптер с такими

характеристиками: распылитель на 40 литров, камера 4К, грузоподъемность 50 кг и автопилот с GPS.

**Ключевые слова:** БПЛА, WSN, BLDC, ESC, LiPo, система распыления, защита растений, дрон.

### 1. Kirish

Uchuvchisiz uchish vositalari (UUV) narxi arzonlashdi, chunki ularda ko‘p boshqaruv funksiyalari qimmat apparatga tayanish o‘rniga dasturiy ta’minotda amalga oshirilishi mumkin bo’ldi. Hatto bitta ilova uchun ushbu texnologiya bir nechta UUVlardan foydalanishga imkon beradi va ular bir-biri bilan aloqa vositalariga ega bo’lishi mumkin. Bu UUV ga o‘rnatilgan simsiz tarmoq yordamida amalga oshirilishi mumkin [1]. Bunday holatda, uchuvchisiz havo apparatlari yuqori harakatchan simsiz tarmoq sifatida ko‘rib chiqiladi. [2]. Bu yerda biz ekinlarga kamyoviy moddalarni purkash uchun qishloq xo‘jaligi maqsadlarida boshqaruv doirasiga kiritilishi mumkin bo’lgan yangi turdagи UUV tuzilmasini ko‘rib chiqamiz. (1-rasmga qarang). Kamyoviy moddalarni qo’llash jarayoni ekin dalasida yer sathida joylashtirilgan simsiz sensorlar tarmog‘idan (WSN) olingan aloqa yordamida boshqariladi. Purkash jarayonida qisqa kechikishlarni qo’llab-quvvatlash uchun yechim sifatida sensorlardan olingan ma’lumotlarni qayta ishslash mumkin [3]. Bundan tashqari, shamol o‘zgarishi sharoitida UUV yo‘nalishini sozlash uchun algoritm baholanishi mumkin va UUV bilan WSN o‘rtasidagi xabarlar sonining o‘zgarishi oson tasvirlanadi. Oldindan belgilangan hududlarda purkash operatsiyasi UUV yordamida WSNdan olingan ma’lumotlar asosida amalga oshiriladi.

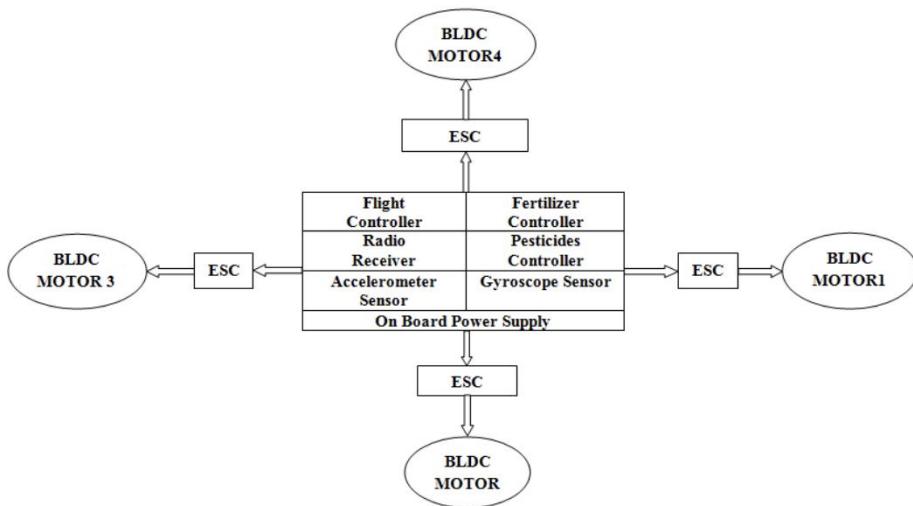


**1-rasm.** Uchuvchisiz uchish vositasi tuzilishi

### 2. Tizim Tavsifi

Kollektorsiz motorlar ba’zan BLDC (cho’tkasiz to‘g‘ridan-to‘g‘ri oqim motorlari) deb ataladi. Odadta uch fazali yoki ko‘p fazali cho’tkasiz motorlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri doimiy oqim bilan ishlatilganda motorlarni ishga tushirmasligi mumkin. Motorni doimiy ravishda ishlatish turish uchun ESC (elektron tezlikni boshqarish) yordamida

turli boshqariladigan fazalar va uchta yuqori chastotali signal ishlab chiqariladi. Tezlanish va turli yo'naliishlardagi kuchni o'lchash akselerometr yordamida amalga oshiriladi. Burchak tezligi erkin aylanadigan disk yoki aylana o'qqa o'rnatilgan rotorli geroskop yordamida o'lchanadi. Li-Po batareyasi UUV uchun mashhur batareya turi sifatida



tanlanadi. Tizimning umumiy tavsifi 2-rasmida keltirilgan.

## **2-rasm.** Tizim tavsifi

### **3. Uskuna Tavsifi**

Ishlatilgan protsessor Pixhawk STM32F427 bo'lib, u 168 MGts chastotaga, 256 KB operativ xotiraga, 2 MB flesh-xotiraga va 32 bitli protsessorga ega. Bu yerda 14 bitli akselerometr va 16 bitli geroskop sifatida MPU6000 hamda MEAS barometri kabi ikkita sensor ishlatilgan. Motorni boshqarish uchun BLDC, uni nazorat qilish uchun esa ESC qo'llanildi. Boshqaruv pulidan 2.4 GGts signallar radio boshqaruvchi tomonidan qabul qilinadi. Quvvat Li-Po batareyasi orqali ta'minlanadi.

### **4. Dasturiy Ta'minot Tavsifi**

UVU ni boshqarish uchun ishlatiladigan dasturiy ta'minot Mission Planner deb ataladi, u Copter, Plane va Rover uchun yer stansiyasini boshqarish imkonini beradi. Ushbu dastur Windows operatsion tizimida ham ishlay oladi. Bu har qanday avtonom transport vositasi uchun dinamik boshqaruvni almashtirish sifatida ishlatilishi mumkin. Transport vositasini boshqarish avtopilotga dasturiy ta'minotni yuklash, ideal sinovdan o'tkazish, so'ngra Google xaritalari yordamida missiya rejasini tuzish orqali amalga oshiriladi. Keyinchalik avtopilotning missiya, fayllarini yuklab olib, pestitsid purkash jarayonini kuzatish uchun interfeys bilan bog'lash mumkin. Ushbu dasturda parvoz rejasini ham ko'rish mumkin (4-rasmga qarang), bu esa purkash zonasini aniqlashdan oldin boshlang'ich pozitsiya va boshqa



joylashuvlarni tushunishga yordam beradi.

#### **4-rasm.** Parvoz rejasi

Shuningdek qishloq xo'jaligi pestitsidlarini avtonom tarzda kvadrokopter turidagi uchuvchisiz uchish vositasi orqali purkashdada quyidagi (1-jadval) afzalliklari va cheklowlari bilan tanisais mumkin.

Xususiyati	Afzalliklar	Cheklovlar
<b>Aniqlik</b>	Pestitsidni aniq va teng taqsimlaydi, ortiqcha sarf-xarajatlarni oldini oladi.	Kuchli shamol sharoitida purkash aniqligi pasayishi mumkin.
<b>Resurs tejamkorligi</b>	Suv va pestitsid sarfini kamaytiradi, ishchi kuchiga bo'lgan ehtiyojni qisqartiradi.	Batareyaning cheklangan quvvati sababli uzoq muddatli ishlash imkoniyati chegaralangan.
<b>Atrof-muhitga ta'siri</b>	Tuproq va suv ifloslanishini kamaytiradi, atrof-muhitga minimal zarar yetkazadi.	Dronlar va ularga kerakli sensorlar qimmat bo'lishi mumkin.
<b>Inson xavfsizligi</b>	Operatorlar kimyoviy moddalarga bevosita duch kelmaydi, xavfsizlik darajasi oshadi.	Dronlarni boshqarish uchun maxsus trening va sertifikatsiya talab qilinishi mumkin.
<b>Tezkor va samarali ishlash</b>	Tog'li va qiyin hududlarda ham ishlay oladi, an'anaviy usullarga qaraganda tez ishlaydi.	Katta maydonlar uchun an'anaviy purkash usullari hali ham samaraliroq bo'lishi mumkin.

#### **1-jadval** (Taqqoslash jadvali)

#### **5. Xulosa**

Ushbu maqolada qishloq xo'jaligi maqsadlari uchun UUV va uning turli dasturiy va qurilmalaridan foydalangan holda ekinlarga kimyoviy moddalarni avtonom

purkash dasturi haqida ma'lumot berishga harakat qilindi. Pestitsid purkash jarayoni dalaning yer sathida joylashgan maxsus joylarda o'rnatalgan simsiz sensorlar tarmog'idan olingan aloqa yordamida boshqariladi. Tegishli algoritm va aloqa konsepsiysi shamol o'zgarishlariga qarab UUV joylashuvini sozlash uchun ishlataladi. Pestitsid purkash, suv sarfi va boshqa xarajatlardagi taxminiy tejam UUV og'irligi va balandlik pozitsiyalariga qarab 20% dan 90% gacha bo'lishi mumkin.

### **Adabiyotlar**

- [1] Anderson C, 2014, Qishloq xo'jaligi dronlari - Texnologiya sharhi, 117, 58-60 betlar
- [2] Hetterick H, & Reese M, 2016, Ogayo qishloq jurnali, 16.
- [3] Penhorwood J, 2016, Ogayo qishloq jurnali, 25.
- [4] International Society of Precision Agriculture (ISPA). (2021). *Unmanned Aerial Vehicles in Modern Farming*. Cambridge University Press.
- [5] Giulio Calderone, Massimo, Vincenzo Ferro, Pietro Catania (2025) "A systematic literature review on recent unmanned aerial spraying systems applications in orchards"
- [6] ICARDA Research team (2023) "Conservation Agriculture Approach in West Asia Region"

**UO'K: 631.95:629.735**

## **UCHUVCHISIZ UCHISH VOSITALARI ORQALI PESTITSID PURKASH: SAMARADORLIK VA ISTIQBOLLAR**

***Qodirov Sayfullo Xabibullo o'g'li*** -1-bosqich tayanch doktoranti  
[kodirov sayfullo@tiiame.uz](mailto:kodirov.sayfullo@tiiame.uz) «TIQXMMI» milliy tadqiqot universiteti  
Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada qishloq xo'jaligi pestitsidlarini avtonom tarzda uchuvchisiz uchish vositalari (dronlar) orqali purkash texnologiyasining samaradorligi tahlil qilinadi. Dronlardan foydalanishning afzalliklari, jumladan, aniq va teng taqsimlash, resurs tejamkorligi, inson xavfsizligini ta'minlash va ekologik zararlarni kamaytirish kabi jihatlar ko'rib chiqiladi. Shuningdek, texnologiyaning chekllovleri, masalan, batareya quvvati va texnik xizmat ko'rsatish zaruriyati ham muhokama qilinadi. Tadqiqot natijalari dron texnologiyasining qishloq xo'jaligidagi samaradorligini oshirish va kelajakdagagi rivojlanish istiqbollarini ko'rsatadi.

**Kalit so'zlar:** Qishloq xo'jaligi, pestitsid purkash, uchuvchisiz uchish vositalari, dron texnologiyasi, resurs tejamkorligi, ekologik xavfsizlik, hosildorlik, aniq taqsimlash, avtonom purkash, innovatsion texnologiyalar.

**Abstract:** This article analyzes the efficiency of autonomous spraying of agricultural pesticides using unmanned aerial vehicles (drones). The advantages of using drones, including accurate and even distribution, resource efficiency, ensuring human safety, and reducing environmental damage, are discussed. The limitations of the technology, such as battery power and the need for maintenance,

are also discussed. The results of the study indicate the prospects for increasing the efficiency of drone technology in agriculture and its future development.

**Keywords:** Agriculture, pesticide spraying, unmanned aerial vehicles, drone technology, resource efficiency, environmental safety, productivity, accurate distribution, autonomous spraying, innovative technologies.

**Аннотация:** В статье анализируется эффективность технологии автономного распыления сельскохозяйственных пестицидов с использованием беспилотных летательных аппаратов (дронов). Будут обсуждаться преимущества использования дронов, включая точное и справедливое распределение, эффективность использования ресурсов, обеспечение безопасности людей и снижение ущерба окружающей среды. Также обсуждаются ограничения технологии, такие как срок службы батареи и необходимость обслуживания. Результаты исследования показывают перспективы повышения эффективности и дальнейшего развития беспилотных технологий в сельском хозяйстве.

**Ключевые слова:** Сельское хозяйство, распыление пестицидов, беспилотные летательные аппараты, беспилотные технологии, ресурсоэффективность, экологическая безопасность, производительность, точное распределение, автономное распыление, инновационные технологии.

**Kirish.** Zamonaviy qishloq xo'jaligida hosildorlikni oshirish va zararkunandalarga qarshi kurashish muhim vazifalardan biridir. An'anaviy pestitsid purkash usullari ko'p mehnat talab qilishi, resurslarni ortiqcha sarflashi va atrof-muhitga zarar yetkazishi mumkin. So'nggi yillarda uchuvchisiz uchish vositalari (dronlar) orqali pestitsid purkash texnologiyasi jadal rivojlanib, aniq taqsimlash, resurs tejamkorligi va xavfsizlik kabi ustunliklari bilan ajralib turmoqda. Ushbu texnologiya nafaqat samaradorlikni oshiradi, balki inson salomatligini himoya qilish va ekologik barqarorlikni ta'minlashga ham xizmat qiladi. Mazkur maqolada dronlar yordamida pestitsid purkashning samaradorligi va istiqbollari tahlil qilinadi. Qishloq xo'jaligi pestitsidlarini avtonom uchuvchisiz uchish vositalari (dronlar) orqali purkash texnologiyasi so'nggi yillarda jadal rivojlanmoqda. Ushbu texnologiya an'anaviy purkash usullariga nisbatan bir qator ustunliklarga ega bo'lib, hosildorlikni oshirish va atrof-muhitga ta'sirni kamaytirishga yordam beradi. (1-jadval)

Ko'rsatkich	Dronlar orqali purkash	An'anaviy usullar (traktor yoki qo'lida purkash)
Aniq va teng taqsimlash	Pestitsid faqat zarur hududga yo'naltiriladi, ortiqcha sarf yo'q	Pestitsid teng taqsimlanmasligi va ortiqcha sarf bo'lishi mumkin
Resurs tejamkorligi	Pestitsid va svjni kamroq sarflaydi, ishchi kuchiga ehtiyoj kam	Ko'proq pestitsid va suv talab qiladi, ko'p ishchi kuchi kerak
Atrof-muhitga ta'sir	Tuproq va svjni ifloslantirish xavfi minimal	Tuproq va suv ifloslanishiga olib kelishi mumkin
Inson xavfsizligi	Operatorning kimyoviy moddalar bilan aloqasini kamaytiradi	Operator pestitsid bilan bevosita aloqada bo'ladi
Tezkorlik va samaradorlik	Tez ishlaydi, murakkab hududlarda ham samarali	Ko'proq vaqt talab qiladi, qiyin hududlarda qiyinchilik tug'diradi
Texnologik cheklolvar	Batareya quvvati cheklangan, texnik xizmat talab etiladi	Katta maydonlar uchun samaraliroq bo'lishi mumkin

## **1-jadval (Dronlarning an'anaviy purkash usullariga nisbatan ustunliklari)**

Strategik islohotlar agentligi uchuvchisiz uchish qurilmalari bilan bog'liq jahon tajribasini o'rGANIB, ularni iqtisodiyot sektorlarida qo'llashga doir takliflar ishlab chiqdi.

Agentlikning qayd etishicha, qishloq xo'jaligi – dronlardan foydalanishning eng samarali yo'nalishlaridan biri hisoblanib, 2023 yilda jahon uchuvchisiz uchish qurilmalar bozorining 28 foizini tashkil qilgan.

**Xalqaro tajribada:** Polshaning qishloq xo'jaligida uchuvchisiz uchish qurilmalarini joriy qilishi sektor unumdorligini 5 foizgacha oshirdi, bu esa yillik qo'shimcha 2,5 mldr yevro foyda keltirdi.

Xitoyda 200 mingdan ortiq uchuvchisiz uchish qurilmalaridan 14,5 mln gektarga yaqin ekin maydonlarini ishlov berish uchun foydalaniladi. Mamlakatning 11 viloyatida o'tkazilgan tadqiqot shuni ko'rsatdiki, pestitsidlarni purkash uchun uchuvchisiz uchish qurilmalaridan foydalanish boshoqli ekinlarning har gektaridan sof daromadni 473 dollargacha oshirgan.

Rossiya qurilish sohasida faqat qazish bosqichida moliyaviy xarajatlar 30 foizga kamaydi, loyihalarni yetkazib berishning umumiyligi muddati sezilarli qisqardi va buzilishlarni aniqlash xavfi ikki baravar kamaydi.

Ko'priklar holatini tekshirishda uchuvchisiz uchish qurilmalaridan foydalanish Britaniyaning Balfour Beatty kompaniyasiga har bir obekt uchun taxminan 10 ming dollarni, AQSh va Yevropa Ittifoqi mamlakatlarida esa shamol turbinalarini tekshirish xarajatlarini 50 foizga kamaytirish imkonini berdi.

Energetika sohasida uchuvchisiz uchish qurilmalaridan foydalanish operatsion samaradorlikni oshiradi, xavfsizlikni hamda nosozliklarning tezkor diagnostikasini ta'minlaydi, tekshirish vaqtini qisqartirish bilan birga xarajatlarini 50 foizga kamaytiradi.

Fransiyada elektr uzatish liniyalarini uchuvchisiz uchish qurilmalar yordamida kuzatish yiliga qariyb 13 mln dollar tejash imkonini berdi.

Uchuvchisiz uchish qurilmalari yuk yetkazishda, geologiya-qidiruv ishlarida, atrof-muhitni nazorat va muhofaza qilish, favqulodda vaziyatlarning oldini olish va bartaraf etishda keng qo'llaniladi. Bunday qurilmalarning 3D tasvirlarni yaratish va aerofotografiyadagi samaradorligi yuqoriligi sababli hatto bozori yopiq va yoki cheklangan mamlakatlarda ham qo'llaniladi.

Fuqarolik sektorida uchuvchisiz uchish qurilmalaridan foydalanishga bo'lgan ehtiyoj ortib borayotganidan kelib chiqib, xorijiy davlatlarda tegishli qonunchilik bazasini takomillashtirishga jiddiy e'tibor qaratilmoqda.

Jahon tajribasini hisobga olgan holda, O'zbekiston iqtisodiyotining quyidagi tarmoqlarida uchuvchisiz uchish tizimlarini rivojlantirish va uchuvchisiz uchish apparatlarini qo'llash zarurati mavjud:

1. Qishloq xo'jaligida ekinlar monitoringi, tuproq tahlili, yig'im-terim muddatlarini, sug'orish darajasini aniqlash, o'simliklarning holati va kasalliklarini aniqlash, o'g'itlar bilan ishlov berish, pestitsidlar purkash va sug'orish samaradorligini oshirishda qo'llash mumkin.

Bugungi kunda O'zbekistonda ekin yerlari 4,5 mln getktar, yaylov yerlar esa 20 mln getktardan ortiq maydonni tashkil etadi. Shundan kelib chiqqan holda, mamlakatda purkagichli uchuvchisiz uchish qurilmalari bozorining hajmi taxminan 12,5 ming donaga yetish ehtimoli mavjud.

Rivojlanayotgan mamlakatlar tajribasini inobatga olgan holda O'zbekistonda qishloq xo'jaligi sohasida uchuvchisiz uchish qurilmalari texnologiyalari va sun'iy intellektdan foydalanish yaqin 5 yilda YaIMning 2-



5 foiz o'sishini ta'minlashi mumkin, bu esa 1,8-4,5 mlrd dollarni tashkil etadi.

Uchuvchisiz uchish qurilmalaridan foydalanish evaziga vaqtini (*3 baravar*), suv resurslarini (*20 foizgacha*) va purkash vositalarini (*pestitsidlarni 60 foizga*) tejash, g'ildirakli transport vositalaridan ekinlarga yetkazilishi mumkin bo'lgan zararni bartaraf etish (*5 foizgacha*), sug'orish va ekish ishlarini aniq bajarish hisobiga paxta va g'alla hosildorligi – 30 foizgacha, meva – 15 foizgacha, sholi – 25 foizgacha oshishi taxmin qilinmoqda.

### **1-rasm (*Uchuvchisiz uchish vositalari orqali pestitsid purkash jarayoni*)**

Xulosa. Uchuvchisiz uchish vositalari (dronlar) orqali pestitsid purkash texnologiyasi qishloq xo'jaligida samaradorlikni oshirish, resurslarni tejash va ekologik xavfsizlikni ta'minlashda muhim innovatsiya hisoblanadi. Ushbu usul pestitsidlarni aniq va teng taqsimlash, inson mehnatini kamaytirish va atrof-muhitga salbiy ta'sirni minimallashtirish kabi afzalliliklarga ega. Ilg'or sensorlar, sun'iy

intellekt va avtonom boshqaruv tizimlarining rivojlanishi bu texnologiyaning yanada samarali va barqaror bo'lishiga xizmat qilmoqda.

Shu bilan birga, dronlardan keng foydalanish uchun texnologik cheklavlarni bartaraf etish, jumladan, batareya quvvatini oshirish, dasturiy ta'minotni takomillashtirish va huquqiy tartibga solish masalalariga e'tibor qaratish zarur. Kelajakda bu texnologiyaning rivojlanishi qishloq xo'jaligidagi global muammolarni hal qilishga yordam beradi va oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashda muhim rol o'yndaydi.

### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO`YXATI:**

1. FAO (Food and Agriculture Organization). (2023). *Agricultural Drone Technology for Sustainable Farming*. Rome, Italy.
2. Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2019). "The Application of Small UAVs for Precision Agriculture: A Review." *Precision Agriculture*, 20(6), 1292–1312.
3. Li, Y., Chen, S., & Wan, M. (2021). "Advances in Autonomous UAV Spraying Systems for Crop Protection." *Agricultural Systems*, 187, 103023.
4. Xie, F., Zhang, X., & Wang, J. (2022). "Effectiveness of UAV-Based Pesticide Spraying: A Comparative Study with Traditional Methods." *Journal of Agricultural Engineering Research*, 145, 78–90.
5. Yang, W., & Huang, Y. (2020). *Precision Agriculture and Smart Farming: The Role of UAVs in Pest Control*. Springer.
6. O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligi. (2023). Innovatsion texnologiyalar va dronlardan foydalanish bo'yicha tavsiyalar. Toshkent, O'zbekiston.

**UUK: 621.402.1**

### **JAHONDA QUYOSHIY SOVUTISH TIZIMI ILMIY IZLANISHLAR NATIJALARI VA MUHANDISLIK YECHIMLARI.**

**Akram Mirzabayev** - "TIQXMMI" MTU, "Elektr ta'minoti va qayta tiklanuvchan energiya manbalari" kafedrasi professori

**Bobur Shodiyev** - "TIQXMMI" MTU, "Elektr ta'minoti va qayta tiklanuvchan energiya manbalari" kafedrasi assistenti

**Annotatsiya.** Jahonda energiyaga bo'lgan talabning o'sib borishi hamda an'anaviy bo'lgan energiya resurs zaxiralarining tobora qisqarib borishi, qolaversa global miqyosda kuzatilayotgan atrof-muhit haroratining ko'tarilish jarayoni fonida sovuqlik ishlab chiqaruvchi qurilmalarni takomillashtirish va ularning energiya samaradorligini oshirish masalasiga alohida e'tibor berilmoqda. Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda "...sovutgich ishlab chiqaruvchi qurilmalarning elektr energiya iste'moli (sovutgich vasovutish tizimi) maishiy elektr energiyasi umumiyligi iste'molining 24 % qismini tashkil etmoqda". Bu borada, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan quvvatlanuvchi jumladan quyosh energiyasidan quvvatlanuvchi sovutgich qurilmalarining energiya samaradorligini oshirishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

**Kalit so'zlar:** Sovutish, quyosh, elektr energiya, atrof-muhit, harorat, isish, energiya, samaradorlik, quvvat, qurilma, tizim.

**Аннотация.** На фоне расширяющегося спроса на энергию в мире, а также расширяющегося сокращения запасов традиционных энергоресурсов, а также роста температуры окружающей среды, наблюдающегося в глобальном

масштабе, особое внимание уделяется совершенствованию холодильных установок и повышению их энергоэффективности. В настоящее время в развитых странах "...потребление электроэнергии холодильными установками (хладагентом и системой охлаждения) составляет 24% от общего потребления электроэнергии в домашних условиях". В этой связи особое внимание уделяется повышению энергоэффективности холодильных установок, работающих на возобновляемых источниках энергии, в том числе на солнечной энергии.

**Ключевые слова:** Охлаждение, солнечная энергия, электричество, окружающая среда, температура, нагрев, энергия, эффективность, мощность, устройство, система.

**Abstract.** Particular attention is paid to the growing demand for energy in the world, as well as the ever-decreasing supply of energy resources, which is traditional, as well as the improvement of cold-producing devices and their energy efficiency against the background of the rising process of ambient temperature observed globally. Currently in developed countries "...electricity consumption (refrigeration and cooling system) of refrigeration devices accounts for 24% of the total consumption of domestic electricity". In this regard, special attention is paid to improving the energy efficiency of refrigeration devices powered from renewable energy sources, including solar energy.

**Keywords:** Cooling, solar, electrical energy, environment, temperature, heating, energy, efficiency, power, device, system.

### Kirish

Hozirgi kunda Respulikaning iqlimiga hos bo'lgan quyosh nuri to'g'ridan to'g'ri tushishi, issiq havosi hamda aholi sonining yildan yilga o'sib borishi [1, p. 3], aholi turmush darajsining yaxshilanishi va, so'ngi yillarda kuzatilayotgan global isish jarayonisovutish qurilmalariga va sovuqlik energiyasiga bo'lgan talabni yuqori bo'lishiga olib kelmoqda. Shuning uchunsovutish ta'minoti tizimida hech qanday uzilishlar kamchiliklarga yo'l qo'yilmasligi, shu o'rinda yangi turdagisamaradorsovutish qurilmalarini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

Shu o'rinda, nafaqat yoz issiq havo mavsumi sharoitida balki, yilning boshqa mavsumlarida, fasllarida ham oziq - ovqat mahsulotlari, dori - darmon hamda boshqa tashqi ob-havo haroratiga ta'sirchan bo'lgan mahsulotlarni talab etilgan harorat sharoitda saqlash maqsadida,sovutish qurilmalaridan keng foydalaniadi. Hozirgi kunda yurtimizda o'zgaruvchan tokda ishlovchi bug'-kompressorlisovutgichlardan keng foydalanimelinmoqda. Bu o'z navbatida yozgi issiq mavsumida elektr tarmoqlarida ortiqcha yuklamalarni hosil bo'lishiga sabab bo'ladi.

### Metodologiya

#### Tadqiqot hududi

Barchasovutish qurilmalaridasovutish turiga qarabsovutish kamerasi ichki qismidagi havo haroratga talablar qo'yiladi [2, 25 b.], [3, 44-69 b.], [4, 126-151 b.], [5, 7 b.], [6, 1653-1659 b.]. Misol tariqasida, Jahon Sog'liqni Saqlash Tashkiloti (JSST) tomonidan ishlab chiqilgan hujjatda, "vaksinalarning haroratga ta'sirchanligi" [7, 1 b.], vaksinalarni saqlash va transport qilishdagi haroratlari ko'rsatib o'tilgan. Bunda, shu hujjatda sanab o'tigan vaksinalarni transport qilishningyuqori o'rinlarida, mamlakatlar havo harorati ko'rsatgichlariga qarab, ba'zi turdagivaksinalar -15 °C dan -25 °C gacha, boshqalari esa +2 °C dan +8 °C gacha bo'lgan haroratda saqlanishi

kerakligi belgilangan. Biroq, vaksina transportining paski o‘rinlarida, mamlakat ichida, qisqa vaqtlar oralig‘ida barcha vaksinalar  $+2^{\circ}\text{C}$  dan  $+8^{\circ}\text{C}$  gacha bo‘lgan haroratda saqlangan holda yetqazilishi belgilangan.

O‘zbekiston Respublikasi sanitariya qoidalari va normalarida ko‘rsatilgan “Oziq ovqat mahsulotlarini saqlash sharoitlari va yaroqliylik muddatlariga qo‘yilgan gigienik talablar” hujjatida turli xil oziq ovqat mahsulotlarini saqlash muddatlari va haroratlari belgilab berilgan [8]. Unga ko‘ra, go‘sht, parranda go‘shti, baliq va baliq mahsulotlari, sut va sut mahsulotlari hamda shu kabi boshqa oziq - ovqat mahsulotlarini saqlashda harorat ko‘rsatgichi  $+4^{\circ}\text{C}$  dan oshmasligi kerak ekanligi talabi belgilangan.

Elektr energiya iste’moli va energiya samaradorligi jihatidansovutish qurilmalari turli guruhlarga ajratiladi [9, 8 b.], [10, 9 b.]. Bunda, keng tarqalgan belgilanishlar, Yevropa Ittifoqida qabul qilingan normativ hujjatga ko‘ra [11],sovutish qurilmalari energiya samaradorlik indeksidan (ESI) kelib chiqqan holda 7 ta (A, B, C, D, E, F, G) sinflarga bo‘linadi va eng energiya samaradorligi yuqori sovutish qurilmalari (ESI < 41) A sinfiga mansub bo‘lsa, samaradorligi eng past ko‘rsatgichda bo‘lgan sovutish qurilmalari (ESI > 125) G sinfiga mansub bo‘ladi (jadval 1.1).

**Jadval 1.1 Elektr energiya iste’molida energiya samaradorlik sinflari**

Sinflar	Energiya samaradorlik indeksi (ESI)
A	ESI < 41
B	41 < ESI < 51
C	51 < ESI < 64
D	64 < ESI < 80
E	80 < ESI < 100
F	100 < ESI < 125
G	ESI < 125

Xalqaro energetika agentligi sovutish qurilmalarining energetik samaradorligini baholash bo‘yicha yo‘riqnomalar ishlab chiqqan [12]. Unga ko‘ra, sovutish qurilmalarini maxsus yoriqnomada ko‘rsatilgan sharoitlarda ishlatib, ishlash davomida energiya iste’moli aniqlaniladi. Bunda, olingan ma’lumotlar huddi shu turdagisi boshqa namunaviy bo‘lgan sovutish qurilmasi ko‘rsatgichlari bilan taqqoslash orqali tajribada qaralayotqan sovutish qurilmasiga samaradorlik indeksi belgilanadi. Energiya samaradorlik indeksini aniqlash quydag‘i tenglama asosida hisoblanadi:

$$I = ((ES_{tajriba}) / (ES_{namuna}) - 1) * 100\% \quad (1.1)$$

Bunda  $ES_{tajriba}$  - sovutgichning energiya samaradorligi (sovutgichning sovutish kamerasi hajimini, shu hajimni sovutish uchun sarflangan kunlik elektr energiyasiga nisbati), l/kW\*soat.

Ushbu tenglamadan kelib chiqib, jadval 1.2 keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra sovutish qurilmalariga samaradorlik indekslari belgilanadi.

### **Jadval 1.2. Energiya samaradorlik indekslari**

Samaradorlik indeksi	I
5	+ 25 % < I
4	+ 10 % < I < + 25 %
3	- 10 % < I < + 10 %
2	-25 % < I < - 10 %
1	- 35 % < I < - 25 %

Xalqaro energiya agentligi, "Energetik samaradorlik minimum standarti" talablariga ko'ra, sovutish qurilmalarida kamida 2 ta samaradorlik indeksiga ega bo'lishi kerak ekanligi belgilangan.

### **Natijalar**

Yuqorida keltirib o'tilgan talablardan tashqari, sovutish qurilmalarini loyihalashda, sovutish qurilmalari qayerlarda qo'llanilishi va nima maqsadlarda foydalanilishidan kelib chiqqan holda qo'shimcha talablar ham qo'yiladi [13, 198-203 b.], [14, 83-90 b.], [15, 140150 b.]. Bunday talablardan biri sifatida, ishchi ko'rsatkichlari an'anaviy sovutish qurilmalarining ishchi ko'rsatkichlaridan past bo'limgan, biroq, shu bilan birga energetik jihatidan mustaqil bo'lgan sovutgichlarni ko'rsatish mumkin. Bugungi kunga kelib, dunyo olimlari tomonidan turli xil konstruksiyaga ega bo'lgan va turli sohalarda qo'llaniladigan energiya tarmoqlaridan uzilgan holda ham sovuqlik energiyasi bilan ta'minlay oladigan sovutish qurilmalari ustida ilmiy izlanishlar olib borilgan [16, 1989-2003 b.], [17, 55-67 b.], [18, 8955-8961 b.].

### **Xulosa**

Quyosh energiyasidan sovuqlik energiyasini ishlab chiqarishning turlicha usullari mavjud bo'lib, muayyan sharoit uchun sovuqlik energiyasini ishlab chiqarishda ularning biridan foydalaniladi. Olis, elektr tarmoqlari mavjud bo'limgan yoki elektr ta'minodita doimiy uzulishlar kuzatiladigan, ko'chma yashash manzillarida to'liq avtonom bo'lgan quyosh energiyasidan quvvatlanuvchi sovutgich qurilmalari uchun absarbsion va bug'-kompressor usuli ko'p jihatdan mos keladi.

Biroq quyosh energiyasidan quvvatlanuvchi bug'-kompressorli sovutgich qurilmalari absarbsion quyosh sovutgich qurilmalarga nisbatan bir qator avzalliklarga ega. Absarbsion quyosh sovutgich qurilmalari bug'-kompressorli sovutgich qurilmalari farqli xolda ishlashi uchun ham ma'lum haroratga ega issiqlik energiyasi ham elektr energiyasi talab etiladi, qolaversa qo'shma ehtiyyot qismlardan tashkil topgan.

### **Adabiyotlar:**

1. D. of E. and S. A. United Nations, "World Population Prospects 2022," 2022.
2. R. Zhao, D. Huang, X. Peng, and H. Yang, "Distributed heaters to reduce temperature rise in freezing cabinet during defrost process and its overall energy

effect for a frost-free refrigerator," *International Journal of Refrigeration*, vol. 99, p. 25, 2019, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2018.12.003.

3. Y. Yang, D. Huang, R. Zhao, W. Guo, and X. Wei, "Analysis of temperature rapid rise phenomenon during damper-off cycle in side-by-side frost-free refrigerator," *International Journal of Refrigeration*, vol. 133, pp. 44–69, 2022, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2021.10.014.

4. N. D. Andritsos, V. Stasinou, D. Tserolas, and E. Giaouris, "Temperature distribution and hygienic status of domestic refrigerators in Lemnos island, Greece," *Food Control*, vol. 127, pp. 126–151, 2021, doi: 10.1016/j.foodcont.2021.108121.

5. A. Ovca, T. Škufca, and M. Jevšnik, "Temperatures and storage conditions in domestic refrigerators - Slovenian scenario," *Food Control*, vol. 123, p. 7, 2021, doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107715.

6. H. Wang *et al.*, "A novel looped low-temperature heat-driven thermoacoustic refrigerator operating in room temperature range," in *Energy Procedia*, 2019, pp. 1653–1659. doi: 10.1016/j.egypro.2019.01.386.

7. V. and B. Department of Immunization, "Temperature sensitivity of vaccines." WHO Press, Geneva, p. 1, 2006.

8. САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА И НОРМЫ, "ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРОКАМ ГОДНОСТИ И УСЛОВИЯМ ХРАНЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ."

9. A. E. Gürel, Ü. Ağbulut, A. Ergün, and İ. Ceylan, "Environmental and economic assessment of a low energy consumption household refrigerator," *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 23, no. 2, p. 8, 2020, doi: 10.1016/j.jestch.2019.06.003.

10. N. Hossieny, S. S. Shrestha, O. A. Owusu, M. Natal, R. Benson, and A. Desjarlais, "Improving the energy efficiency of a refrigerator-freezer through the use of a novel cabinet/door liner based on polylactide biopolymer," *Appl Energy*, vol. 235, p. 9, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.10.093.

11. European Union, "European Parliament and of the Council with regard to energy labelling of refrigerating appliances," Mar. 2019.

12. IEA, "Minimum Energy Performance Standards and Labelling for Refrigerator," 2019.

13. H. Moria, M. Ahmed, A. Alghanmi, T. I. Mohamad, and Y. Yaakob, "Experimental study of solar based refrigerator using thermoelectric effect," in *Energy Procedia*, 2019, pp. 198–203. doi: 10.1016/j.egypro.2019.01.074.

14. M. H. Katooli, R. Askari Moghadam, and A. Hajinezhad, "Simulation and experimental evaluation of Stirling refrigerator for converting electrical/mechanical energy to cold energy," *Energy Convers Manag*, vol. 184, pp. 83–90, 2019, doi: 10.1016/j.enconman.2019.01.014.

15. D. Astrain, A. Martínez, and A. Rodríguez, "Improvement of a thermoelectric and vapour compression hybrid refrigerator," *Appl Therm Eng*, vol. 39, pp. 140–150, 2012, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2012.01.054.

16. F. Lemmini and A. Errougani, "Building and experimentation of a solar powered adsorption refrigerator," *Renew Energy*, vol. 30, no. 13, pp. 1989–2003, 2005, doi: 10.1016/j.renene.2005.03.003.

17. B. L. Gupta, M. Bhatnagar, and J. Mathur, "Optimum sizing of PV panel, battery capacity and insulation thickness for a photovoltaic operated domestic refrigerator," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 7, pp. 55–67, 2014, doi: 10.1016/j.seta.2014.03.005.
18. M. Ouali, M. A. Djebiret, R. Ouali, M. Mokrane, N. K. Merzouk, and A. Bouabdallah, "Thermal control influence on energy efficiency in domestic refrigerator powered by photovoltaic," *Int J Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 13, pp. 8955–8961, 2017, doi: 10.1016/j.ijhydene.2016.06.134.

**UDC: 621.311.242**

## **PLASMA TREATMENT ON DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS: OPTICAL AND STRUCTURAL PROPERTIES OPTIMIZATION**

*A. N. Dagang<sup>1,\*</sup>, N. S. Alias<sup>1</sup>, H. Salleh<sup>1</sup>, N. A. Nik Aziz<sup>2</sup>, S. K. Zaaba<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Faculty of Ocean Engineering Technology, University Malaysia Terengganu, Kuala Nerus, 21030, Terengganu, Malaysia*

*<sup>2</sup>Faculty of Fisheries and Food Science, University Malaysia Terengganu, Kuala Nerus, 21030, Terengganu, Malaysia*

*<sup>3</sup>School of Mechatronic Engineering, Universiti Malaysia Perlis, Kampus Pauh Putra, Arau, 02600, Perlis, Malaysia*

*\*Corresponding author. E-mail: [nazri.dagang@umt.edu.my](mailto:nazri.dagang@umt.edu.my)*

### **ABSTRACT**

Dye-sensitized solar cells (DSSCs) represent an innovative approach to photovoltaic technology, combining the benefits of dye-sensitized mechanisms with hybrid material systems. These cells utilize a blend of organic and inorganic materials to optimize light absorption, charge separation, and electron transport. This study explores the impact of plasma treatment on titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) thin films to enhance the efficiency of hybrid DSSCs.  $\text{TiO}_2$  multilayer thin films were deposited on indium tin oxide (ITO) glass substrates using the spin coating technique. The  $\text{TiO}_2$  thin films underwent treatment with an atmospheric pressure plasma jet (APPJ) using helium gas for varying exposure times, ranging from 30 to 120 seconds. Following this, the plasma-treated  $\text{TiO}_2$  thin films were immersed in natural purple dyes for 24 hours and subsequently spin-coated with poly (3-hexylthiophene) (P3HT). The structure, surface morphology, and absorption spectra of the films were examined. X-ray diffraction (XRD) analysis showed that plasma treatment did not significantly alter the crystal structure or crystallinity of the  $\text{TiO}_2$  thin films. However, the surface morphology improved, resulting in a reduction in particle size and an increase in surface area, which facilitated greater dye loading onto the  $\text{TiO}_2$  thin films. Longer plasma exposure times led to a decrease in the contact angle of the  $\text{TiO}_2$  thin films, from  $52.75^\circ$  to  $10.78^\circ$ , indicating a more hydrophilic surface. UV-Vis spectroscopy revealed increased dye adsorption on plasma-treated  $\text{TiO}_2$  thin films within the 500–600 nm wavelength range. These modifications induced by APPJ not only improved surface morphology but also enhanced dye absorption and interfacial properties, ultimately contributing to the overall enhancement of solar cell performance.

**Keywords:** DSSC, APPJ,  $\text{TiO}_2$ , P3HT, natural dye, dye-absorption,

## ЎЗБЕКИСТОННИНГ ЭНЕРГЕТИК САЛОҲИЯТИ ВА ИЖТИМОЙ-ИҚТИСОДИЙ РИВОЖЛАНИШИНИ ТАЪМИНЛАШДА ЭНЕРГИЯ РЕСУРСЛАРИГА БЎЛГАН ТАЛАБ

**Саттаров Азим Сайдович<sup>1</sup>, Исаков Абдусаид Жалилович<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Бош прокуратураси.100047, Тошкент шаҳар, Яшинобод тумани, Яхё Гуломов кўчаси, 66-уй. Бош прокуратуранинг бошқарма катта прокурори.

<sup>2</sup> "Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти" миллий тадқиқот университети. 100000, Тошкент шаҳар, Мирзо Улуғбек тумани, Қори-Ниёзий кўчаси, 39-уй. "ТИҚҲММИ"МТУ профессори, техника фанлари доктори.  
*Isakovsaid72@mail.ru*

**Аннотация.** Ушбу мақолада Ўзбекистоннинг энергетик салоҳияти ва ижтимоий-иқтисодий ривожланишини таъминлашда энергия ресурсларига бўлган талаб таҳлили ва статистик маълумотлар келтирилган. Шу билан биргаликда энергия хавфсизлигини таъминлаш мақсадида энергия таъминотини узликсизлигини таъминлаш, энергия тежамкор технологиялар ва қайта тикланувчан энергия манбаларидан фойдаланиши салмоғини янада ошириш масаласи ёритилган. Хусусан, муваффақиятларни янада ошириш учун энергия тежамкорлик ва самарадорликни оширишга алоҳида эътибор қаратиш, хорижий тажрибалардан фойдаланиши, тизимни рақамлаштириш, техник ва технологик инновацияларни кенг жорий этиши ишларини янада кучайтириш ҳамда мамлакатимизда энергия таъминоти барқарорлигини таъминлашда иқтисодиётимизни ривожлантиришга хизимат қиласиган вазифалар белгиланган.

**Калим сўзлар.** Ижтимоий-иқтисодий ҳолатини барқарор ривожлантириш, энергия тежамкор технология, энергия ресурларидан самарали фойдаланиши, қайта тикланувчи энергия манбалари, энергия истеъмолчилари, энергия таъминоти муаммолари, энергия хавфсизлигини таъминлаш имкониятлари.

**Кириш.** Жаҳонда жамиятнинг ижтимоий-иқтисодий ҳолатини барқарор ривожлантириш учун энергия хавфсизлигини таъминлаш, замонавий энергия тежамкор технологиялардан фойдаланиши, энергия самарадорлигини ошириш ва йўқотишларни камайтириш бўйича янги илмий-техникавий ечимларни ишлаб чиқиши ҳамда ноқонуний фойдаланишнинг олдини олиш мақсадида қонунчилик ижроси устидан назоратнинг ташкилий-хукуқий жиҳатларини янада такомиллаштиришга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан ноқонуний фойдаланишнинг келиб чиқиши омилларини ҳисобга олган ҳолда вазиятни тўғри баҳолаб, қонун бузилиш даражасини аниқлайдиган инновацион услугуб яратиш асосида энергия тежамкорлик ва самарадорликни оширишда қонунчиликни янада такомиллаштиришнинг янги услубларни яратишга алоҳида эътибор

берилимоқда. Ушбу масалалар ечимини топиш учун аввало, Ўзбекистоннинг энергетик салоҳияти ва ижтимоий-иқтисодий ривожланишини таъминлашда энергия ресурсларига бўлган талаб таҳлилини амалга ошириш муҳим хисобланади. Шу жиҳатдан ушбу масала долзарб деб баҳоланади ва келгусида иқтисодий ривожланишни рағбатлантириб энергия ресурсларидан оқилона фойдаланиш имкониятларига кенга йўл очади.

Мамлакатдаги барча ишлаб чиқариш соҳалари, саноат корхоналари, қишлоқ хўжалиги ва хизмат қўрсатиш соҳалари ишончли энергия таъминотига боғлиқ [1]. Ўзбекистон Республикаси Президенти Ш.М.Мирзиёевнинг таъбирлари билан айтганда, “Мамлакатда энергия хавфсизлигини таъминлаш миллий иқтисодиётнинг асосий вазифаси ҳисобланиб, жамият ва давлат ривожланишида энг муҳим вазифаларини бажаради. Энергетика хавфсизлиги – давлат хавфсизлигидир”.<sup>2</sup>

**Тадқиқот натижалари.** Ўзбекистонда электр энергияси ишлаб чиқаришга ихтисослашган станциялар сони 2024 йил ҳолатига кўра 60 дан ортиқ бўлиб, улар турли типдаги манбалар асосида фаолият юритади. Бу станцияларни асосан икки турга бўлинади:

Иссиқлик электр станциялари (ИЭС) умумий ишлаб чиқаришнинг асосий қисмини ташкил этади ҳамда табиий газ, кўмир ва мазут ёқилғилари ёрдамида ишлайди (тахминан 85%). Энг йирик ИЭСлар Талимаржон ИЭС (1700 МВт), Навоий ИЭС (1800 МВт), Сирдарё ТЭС (3000 МВт), Acwa Power (1500 МВт) ва Янги Ангрен ИЭС (1260 МВт, кўмир ёқилғиси асосида ишлайди) ҳисобланади.

Гидроэлектр станциялар (ГЭС) электр энергияси ишлаб чиқаришнинг таҳминан 10-11% улушини ташкил қиласди. Мамлакатда йирик ва кичик ГЭС лар сони 60 дан ортиқ бўлиб, энг йириклари Чорвоқ ГЭС, Тўпаланг ГЭС, Андижон ГЭС, Туямўмин ГЭС, Хўжакент ГЭС, Ғазалкент ва Фарҳод ГЭС лардир [2].

Ундан ташқари дунё бўйича оммалашиб бораётган қайта тикланувчи энергия манбалари, жумладан фото электр станциялар (ФЭС), шамол электр станциялар (ШЭС) ва бошқалар. Сўнгги йилларда мамлакатимизда қўёш ва шамол энергиясига ихтисослашган лойиҳалар асосида ишга туширилган энергия манбаларида, жумладан, Бешариқ ФЭС, Сазаган-1, 2 ФЭС, Нурота ФЭС, Джанкелди ШЭСлар ва бошқаларда электр энергияси ишлаб чиқариш ривожланмоқда.

Республикамиизда жами электр станциялар 20 дан ортиқ йирик давлат электр станциялари ва 30 дан ортиқ кичик ва хусусий ГЭС ҳамда қайта тикланувчи электр станциялари фаолият қўрсатиб келмоқда.

Ушбу рақамлар ҳозирда ривожланаётган электр энергетика инфратузилмасини ва қайта тикланувчи энергия манбаларига бўлган қизиқишини акс эттиради. Ҳукумат 2030 йилгача қайта тикланувчи манбалар ҳиссасини оширишни режалаштирум оқиди.

2020-2030 йилларда Ўзбекистон Республикасини электр энергияси билан таъминлаш масаласи илғор ҳалқаро тажрибани ва жаҳон электр энергетикаси

<sup>2</sup> Электр энергетикаси соҳасини янада ривожлантириш масалалари таҳлил этилди. 03.10.2018 //

<https://president.uz/uz/2066>

ривожланишининг замонавий тенденцияларини ҳисобга олган ҳолда, Ўзбекистон Республикасида ўсиб бораётган эҳтиёжларини қондириш ва электр энергетика тармоғини янада мутаносиб ривожланишини таъминлашга қаратилган.

Гидроэнергетика 56 ГЭС, шу жумладан умумий қуввати 1,91 ГВт (умумий ГЭС қувватининг 86 фоизи) бўлган 14 та катта, 0,311 ГВт (14 фоиз) умумий қуввати 32 КГЭС ва 6,3 МВт бўлган 15 та микро ГЭС ларни ўз ичига олади. Сув оқими бўйлаб қуввати 532 МВт (4 та катта – 317 МВт ва 26 КГЭС – 215 МВт) бўлган 30 та гидро электр станциялари фаолият кўрсатмоқда. Сув омборларида умумий қуввати 1,4 ГВт бўлган 10 та ГЭС мавжуд.

Электр энергиясини ишлаб чиқариш манбаларидан истеъмолчиларга етказиб бериш умумий қуввати 22,830 МВА бўлган 77 та подстанциялар (ПС) ва 9768 км электр узатиш тармоқларини (ЭУТ) ўз ичига оловчи 35-500 кВ магистрал тармоқлар орқали амалга оширилади [2,3,4,5,6].

Республика бўйича электр энергиясини тақсимлаш ва истеъмолчиларга етказиб бериш ПС 35-110 кВ - 1626 дона, умумий қуввати - 20421 МВА; ЭУТ 35-110 кВ - 28642 км; Трансформаторлар подстанцияси (ТП) - 75534 дона, умумий қуввати - 13933 МВА; ЭУТ 0,4-10 кВ - 223987 км. ўз ичига оловчи 0,4-110 кВ тақсимлаш тармоқлари орқали амалга оширилади.

Электр энергияси тизими шартли равишда 5 та минтақавий энергия узелига бўлинган:

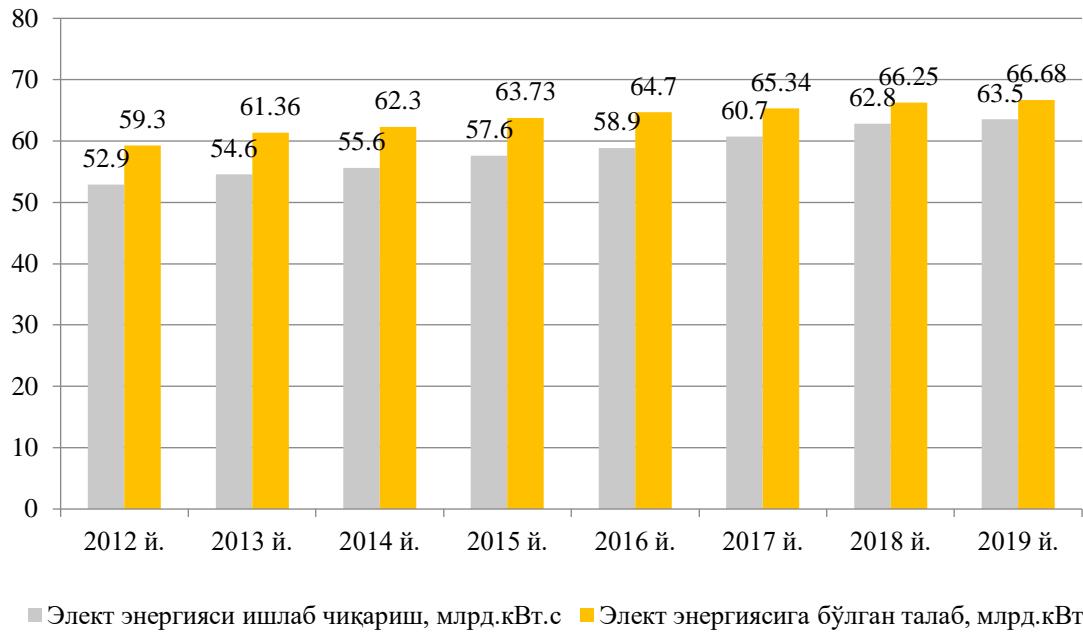
- Шимоли-Гарбий (Қорақалпоғистон Республикаси ва Хоразм вилояти);
- Жануби-Гарбий (Қашқадарё, Самарқанд, Бухоро ва Навоий вилояти);
- Жанубий (Сурхондарё вилояти);
- Шарқий (Андижон, Наманган ва Фарғона вилоятлари);
- Марказий (Жиззах, Сирдарё, Тошкент вилоятлари ва Тошкент шаҳри).

Энергия ресурсларига бўлган ички талаб иқтисодий ривожланишининг кутилаётган динамикаси, иқтисодиёт тузилишининг ўзгариши ва унинг ўзига хос энергия интенсивлиги даражаси билан белгиланади. Иқтисодиётнинг энергия сарфи ҳажмини камайтириш электр энергетика сиёсатининг асосий вазифасидир.

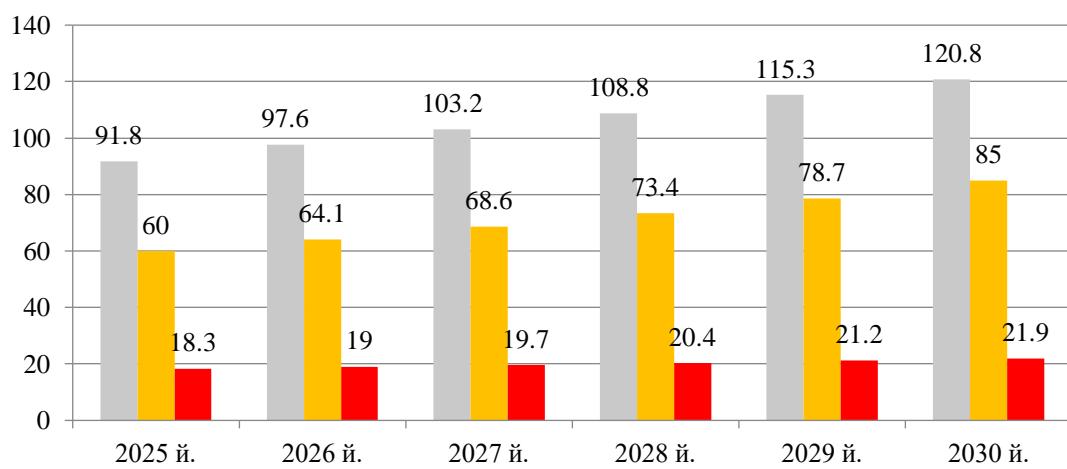
2012-2019 йилларда электр энергияси ишлаб чиқаришда йилига ўртacha 2,6 фоиз миқдорида ўсиш кузатилди. Бироқ электр энергиясига бўлган талаб тўлиқ қондирилмади, тақчиллик талабнинг 9,4 фоизини ташкил этди.

2012-2019 йиллардаги электр энергияси ишлаб чиқариш ва унга бўлган талабнинг ҳақиқий динамикаси 1-расмда келтирилган [2,5].

Прогноз натижалари бўйича, 2030 йилгача бўлган даврда Республикада электр энергиясига бўлган талабнинг йиллик ўсиши 6-7 фоизга teng бўлади. 2030 йилга келиб республика истеъмоли 132,7 млрд.кВт·с (2018 йилга нисбатан 2,1 баравар кўп) бўлиши прогноз қилинмоқда. Шу билан бирга аҳолининг электр энергиясига бўлган талаби – 27,8 млрд.кВт·с (2018 йилга нисбатан 2,3 баравар кўп), иқтисодий секторнинг электр энергиясига бўлган талаби – 85,0 млрд.кВт·с (2018 йилга нисбатан 2,2 баравар кўп) бўлиши кутилмоқда. 2030 йилгача электр энергияси ишлаб чиқариш ва истеъмол қилишининг прогноз динамикаси 2-расмда келтирилган [2].



**1-расм. 2012-2019 йиллардаги электр энергияси ишлаб чиқариши ва унга бўлган талабнинг ҳақиқий динамикаси, млрд.кВт·с.**

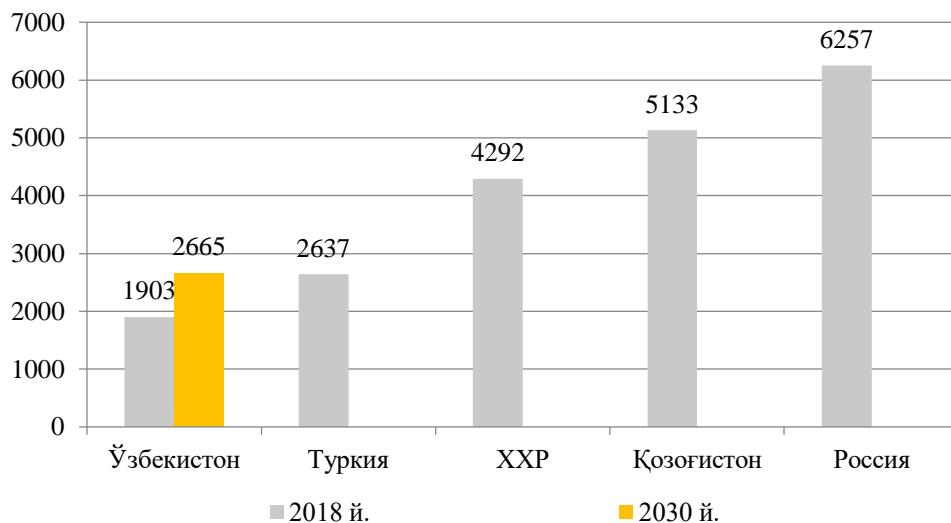


■ Электр энергияси ишлаб чиқариш, млрд.кВт.с.  
 ■ Иқтисодиёт тармоқлари бўйича электр энергия истеъмоли, млрд.кВт.с.  
 ■ Аҳоли томонидан электр энергияси истеъмоли, млрд.кВт.с.

**2-расм. 2030 йилгача электр энергияси ишлаб чиқариши ва истеъмол қилишининг прогноз динамикаси, млрд.кВт·с.**

2030-йилга келиб аҳоли жон бошига электр энергияси истеъмоли йилига 2,665 кВт·с гача ошиши ва 2018-йилдаги 1,903 кВт·с. га нисбатан 71,4 фоизга ошиши кутилмоқда [2,5].

Ўз навбатида, ушбу кўрсаткич 2018 йил якунлари бўйича Кореяда – 9711, Хитойда – 4292, Россияда – 6257, Қозоғистонда – 5133, Туркия – 2637 кВт·с. миқдорида қайд этилган кўрсаткичдан анча паст (3-расм).



**3-расм. Аҳоли жон бошига йиллик электр энергияси истеъмоли, кВт·с.**

Сўнгги йилларда Ўзбекистон иқтисодиёти ва аҳолиси (37,5 млрд. дан ортиқ) тез суръатларда ўсиб бораётгани туфайли истеъмолчиларни энергия билан таъминлаш муаммоси тобора долзарб бўлиб бормоқда.

Мамлакатнинг энергия ресурслари билан етарли таъминланмаганлиги ушбу муаммони янада кучайтиради. Табиий газ қазиб олиш ҳажми камайиб, гидроэнергия захиралари чекланган бўлишига қарамасдан, Ўзбекистонда шамол ва қуёш энергетикасини ривожлантириш учун улкан салоҳият мавжуд.

Ресурсларга бой ҳудудларда шамол ва қуёш энергияси учун тўлиқ юкламадаги эквивалент соатлар мос равишда 4000 соат ва 1800 соатдан ортиқдир.

Шунинг учун, Ўзбекистон ўзининг қайта тикланувчи энергия манбаларидан тўлиқ фойдаланиб, энергетик хавфсизлигини оширишга интилади.

Ўзбекистон энергетик сакрашни амалга ошириш учун катта мақсадларни белгилаган бўлиб, энергетика тизимини асосан йирик кўламли қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш ҳисобига қайта қуришни режалаштирган.

Ўзбекистон Республикаси Энергетика вазирлиги маълумотларига кўра, 2019 йилдан бошлаб Ўзбекистон қайта тикланувчи энергия манбалари соҳасида умумий қуввати 20 ГВтдан ортиқ бўлган лойиҳалар учун электр энергиясини харид қилиш бўйича келишувлар ва ўзаро англашув

меморандумларини имзолаган ҳамда нафақат Марказий Осиёда, балки бутун дунёда ҳам қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантириш бўйича етакчилардан бирига айланмоқда.

Ўзбекистон Марказий Осиёдаги йирик иқтисодиёт бўлиб, электр энергияси истеъмоли бўйича фақат Қозоғистондан ортда қолади.

2023 йилнинг охирига қадар Ўзбекистонда электр энергияси истеъмоли 81,0 млрд.кВт·с га, пик юклами эса 11,8 ГВт га етди. Аҳоли жон бошига электр энергиясини истеъмол қилиш ҳажми 2212 кВт·с ни ташкил этди. 2018 йилдан 2023 йилгача электр энергияси истеъмолининг ўртacha йиллик ўсиш суръати 5,7 фоизни, пик юкламаси ўсиши эса 5,8 фоизини ташкил этган.

2023 йилда электр энергияси ишлаб чиқаришнинг асосий қисми табиий газга (75,8%), кўмирга (9,3%), мазутга (4,4%) ишлайдиган ИЭС ларга, ГЭС ларга (8,8%), қуёш ва шамол станцияларига эса (1,6%) тўғри келган.

2023 йил 1 январь ҳолатига кўра, Ўзбекистон тизимида умумий ўрнатилган генерация қуввати 17009 МВт ни ташкил этган бўлиб, унда асосий улуш ИЭС ларга тўғри келади.

Кўмир энергетикасининг ўрнатилган қуввати 2493 МВт ни ташкил қилиб, умумий қувватнинг 15 фоизига teng. Газ энергетикасининг ўрнатилган қуввати 12013 МВт бўлиб, умумий қувватнинг 71 фоизини ташкил этади.

Қайта тикланувчи энергия манбалари бўйича ўрнатилган қувват 2280 МВт ни, яъни умумий қувватнинг 13 фоизини ташкил қиласди. Шундан гидроэнергия 2080 МВт ни (12%), қуёш энергетикаси эса иккита 100 МВт ли электр станцияларидан иборат бўлиб, умумий ўрнатилган қувватнинг бор-йўғи 1%ини ташкил этади.

Аҳоли эҳтиёжларини узлуксиз электр энергияси билан таъминлаш мақсадида янги, энергия самарадор ва замонавий иссиқлик электр станциялари қуриш ишлари фаол амалга оширилмоқда.

Масалан, 2024 йилда учинчи Тошкент халқаро инвестиция форуми доирасида қуийдаги инвестиция лойиҳалари фойдаланишга топширилди:

“Сирдарё вилоятида қуввати 1 500 МВт бўлган янги иссиқлик электр станциясини қуриш” лойиҳаси доирасида қўшимча 500 МВт қувват ишга туширилди, “Тошкент ИЭСда умумий қуввати 64 МВт бўлган икки газ турбина қурилмасини қуриш” лойиҳаси амалга оширилди.

Шунингдек, жорий йил охирига қадар Қашқадарё вилоятида давлат-хусусий шериклик асосида амалга оширилаётган “Қуввати 400 МВт бўлган газ-поршенли электр станциясини қуриш” лойиҳасини фойдаланишга топшириш режалаштирилган.

Бундан ташқари, Ўзбекистон Республикасида янги микро ва кичик гидроэлектростанциялар қуриш ишлари ҳам фаол давом эттирилмоқда.

Жумладан, республика бўйлаб жорий йил бошидан бери умумий қуввати 12,3 МВт бўлган микро ГЭСлар ишга туширилди. Шунингдек, жорий йил охирига қадар умумий қуввати 12,2 МВт бўлган микро ГЭСларни ишга тушириш режалаштирилган. Умуман олганда, 2024 йилдан 2030 йилгача буғаз ва газ турбина технологиялари асосида умумий қуввати 8348 МВт бўлган янги юқори самарали қувватларни яратиш бўйича лойиҳаларни амалга ошириш режалаштирилган.

Ушбу қувватлар нафақат электр энергиясига бўлган ўсиб бораётган эҳтиёжни қоплайди, балки йирик иссиқлик электр станцияларида эскирган конденсация блокларини янгиси билан алмаштиради. Шу даврда эксплуатациядан чиқарилиши режалаштирилган блоклар ҳажми 7031 МВтни ташкил этади.

Гидроэнергетика мажмуасини янада ривожлантириш дастурига мувофиқ, 2030 йилгача ГЭС ва АЭС қуриш лойиҳаларини амалга ошириш режалаштирилган. Ушбу дастур Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2024 йил 12 июлдаги №ПҚ-252-сонли қарори билан тасдиқланган.

2030-2040 йиллар давомида иқтисодий жиҳатдан мақбул бўлган гидроэнергетика салоҳиятини тўлиқ ўзлаштириш режалаштирилган бўлиб, бу 6630 МВт янги генерация қувватларини ташкил қиласди. Янги қувватларни қуришдан ташқари, мавжуд энергия манбаларининг самарадорлигини ошириш учун энергия тежаш бўйича кенг кўламли тадбирларни жорий этиш зарур.

**Саноатда энергия истеъмоли ва энергия самарадорлиги.** 2023 йилда саноат соҳасининг (нефть-газ қазиб чиқариш тармоқларини ҳисобга олмаган ҳолда) умумий энергия истеъмоли 11947 минг т.ш.ё. ни ташкил қиласди, бу мамлакатнинг умумий якуний энергия истеъмолининг 23 фоизга тўғри келади. 2019 йилдан 2023 йилгача саноат секторининг умумий энергия истеъмоли 10291 т.ш.ё. дан 11947 т.ш.ё. га етди. Шу ўсишга қарамай, мамлакатда саноат секторининг умумий якуний энергия истеъмолидаги улуши барқарор қолиб, 23 фоиз даражасида сақланиб қолди.

Электр энергия истеъмоли бўйича энг йирик истеъмолчи – металлургия тармоғи бўлиб, умумий саноат соҳаси электр энергиясининг 39 фоизини ташкил этади. Бу темир ва пўлат ишлаб чиқариш каби энергия талаб қилувчи соҳалар билан боғлиқ.

Кимё саноати ва тўқимачилик саноати электр энергиясининг 17 фоизини истеъмол қиласди, чунки электр энергияси кимёвий жараёнлар ва тўқимачилик ишлаб чиқариш машиналарини ишлатиш учун зарур. Минерал маҳсулотлар ишлаб чиқариш 12 фоиз, озиқ-овқат саноати эса 7 фоиз электр энергиясини асосан электротехник ускуналарни ишлатиш учун истеъмол қиласди.

2023 йилда металлургия саноатининг умумий ишлаб чиқариш ҳажми 126 трлн. сўмни ташкил этди, бу қайта ишлаш саноати умумий ҳажмининг тахминан 22,8 фоизини ташкил қиласди.

Энергия самарадорлигини янада ишончли баҳолаш учун ишлаб чиқариш жараёнларининг аниқ энергия истеъмолини ҳисобга оловчи миқдорий методологияларни қўллаш зарур.

Саноат тармоқларида энергия самарадорлигини баҳолаш учун ишлаб чиқариш ҳажмига асосланган усулдан фойдаланиш мақсадга мувофиқ.

Масалан, ишлаб чиқарилган бирликлар сони ёки қайта ишланган материал ҳажми бўйича энергия самарадорлигини ҳисоблаш мумкин. Бу усул энергия истеъмолининг маҳсулот бирлигига нисбатини аниқ ва бир хил баҳолашни таъминлайди ва энергия истеъмоли ҳамда ишлаб чиқариш самарадорлиги ўртасидаги боғлиқликни яхшироқ акс эттиради.

**Аҳоли ва турар-жой бинолари.** Аҳоли сонининг ортиши ва мамлакатнинг иқтисодий ўсиши (шу жумладан, 2025-2040 йилларга мўлжалланган йиллик 6-6,5% ялпи ички маҳсулот ўсиши прогнозлари) уй ва квартиralарга бўлган талаб ҳамда уларнинг ҳажмларига таъсир кўрсатади.

Масалан, статистик маълумотларга кўра, сўнгги 10 йил ичида ўртacha турар-жой майдони  $80 \text{ m}^2$  дан  $92 \text{ m}^2$  гача, яъни 15 фоизга ошган. 2014-2023 йиллар давомида аҳоли сони ва турар-жой фондининг ўсиш статистикаси ҳамда мамлакатнинг прогноз қилинган иқтисодий ўсишини инобатга олган ҳолда, 2024 йилдан 2040 йилгача уйлар (квартиralар) сони 55 фоизга кўпайиши, турар-жой фонди эса 2 баробардан ортиқ ўсиши кутилмоқда.

2023 йилда Ўзбекистоннинг турар-жой бинолари бўйича йиллик энергия сарфи бўйича базавий индикатор ( $222 \text{ kVt}\cdot\text{c}/\text{m}^2$ ) ўртacha Европа кўрсаткичига ( $180 \text{ kVt}\cdot\text{c}/\text{m}^2$ ) нисбатан 19 фоиз юқори, Франциянинг ўртacha кўрсаткичига ( $140 \text{ kVt}\cdot\text{c}/\text{m}^2$ ) нисбатан 37 фоиз юқори бўлган.

Шунингдек, 2023 йилда Ўзбекистон Республикасининг ёқилғи-энергия балансига кўра, турар-жой биноларида иситиш, иссиқ сув билан таъминлаш ва овқат тайёрлаш улуши 88,1 фоизни ташкил этгани, электроплита ва электробойлерларни ҳисобга олганда эса бу кўрсаткич 90 фоиздан ошганини таъкидлаш зарур.

Қиёслаш учун, 2022 йилда Европа Иттифоқида шу каби кўрсаткич 86 фоизни ташкил этган, аммо электр энергиясининг аҳоли истеъмоли тузилмасидаги улуши 25,1 фоизни ташкил этиб, Ўзбекистонга нисбатан икки баравардан кўпроқ бўлган.

Масалан, Ўзбекистонда турар-жой биноларининг йиллик ўртacha нисбий энергия сарфини  $222 \text{ kVt}\cdot\text{c}/\text{m}^2$  дан 2040 йилда  $77 \text{ kVt}\cdot\text{c}/\text{m}^2$  га тушириш бино ва иншоотлар яқуний энергия истеъмолини 27 фоизга камайтириш имконини беради. Қайта тикланувчи энергия манбалари улушкини ошириш ҳам биноларнинг бошланғич энергия истеъмолини камайтиришга ёрдам беради.

Биноларнинг энергия самарадорлигига бўлган замонавий талабларнинг етишмаслиги қурилиш соҳасидаги технологик тараққиётга ва қурилишда янги технологияларни қўллашга салбий таъсир кўрсатмоқда.

Жумладан, Ўзбекистон бозорида қуйидагилар мавжуд эмас:

- иссиқликни қайта ишловчи ҳаво ҳайдаш тизимларини ишлаб чиқариш ва ўрнатиш бўйича ечимлар;

- биноларнинг герметиклигини таъминлаш ва назорат қилиш учун технологиялар ва замонавий материаллар;

- ёзги мавсумда биноларни совитишга бўлган эҳтиёжни камайтириш, тармоқларга бўлган юкланишни пасайтириш, энергия истеъмолини камайтириш ва аҳоли учун қулайликни ошириш мақсадида ташқи пардалар ва автоматик соя тизимларини ўрнатиш бўйича ечимлар;

- энергия самарадор ойна ўрнатиш технологиялари ва бошқалар.

Шунингдек, изоляция материаллари ва ойналарнинг ишончлилиги, мустаҳкамлиги ва саломатлик учун хавфли бўлган компонентлар мавжуд эмаслиги бўйича талаблар устида ишлаш керак.

Бироқ, Ўзбекистон Республикаси қуйидаги йўналишларда ўзининг лидерлик ва инновацион имкониятларини намойиш қилган:

- 2017 йилдан бошлаб ёруғлик шамларини тақиқлашни жорий этиш;
- 2021 йилдан бошлаб барча истеъмолчиларни “ақлли” ҳисоблагичлар билан тўлиқ таъминлаш ва ҳисоблагичларни бошқа мамлакатларга экспорт қилиш;

- етказиб берилган энергия учун олдиндан тўлов тизимини жорий этиш ва тўловларни йиғиш муаммосини ҳал қилиш ва бошқалар.

**Хуноса** қилиб айтганда мамлакатимизда энергия тежамкорлик ва самарадорликни ошириш ҳамда энергия таъминоти барқарорлигини таъминлаш иқтисодиётимизни ривожлантиришга хизимат қиласди ва бир қатор вазифаларни амалга оширишни талаб этади, жумладан:

– энергия турларидан оқилона фойдаланиш, энергия тежамкорлик ва самарадорликни ошириш, йўқотишларни камайтириш ва унинг олдини олиш жараёнларини таҳлил қилиш;

– энергия тежамкор технологиялардан фойдаланиш ва энергия таъминоти барқарорлигини таъминлаш жараёнини математик моделлаштириш ва инновацион усулларини яратиш;

– энергия таъминоти барқарорлигини таъминлашда коррупцияга қарши курашиш бўйича давлат назоратининг назарий ва амалий аҳамиятини янада ошириш чора-тадбирларини ишлаб чиқиш;

– коррупцияга қарши курашища қонунчилик ижроси устидан назоратнинг ташкилий-хуқуқий жиҳатларини янада такомиллаштириш ва энергиядан ноқонуний фойдаланиш ҳолатлари бўйича хужжатларни расмийлаштириш ва келтирилган зарарни ҳисоб - китоб қилиш технологияларини тадқиқ қилиш;

– энергия тежамкорлиги ва самарадорлигини ошириш соҳасига оид қонунчилик хужжатларини такомиллаштириш масалаларини қиёсий-хуқуқий таҳлил қилиш;

– ушбу соҳага оид қонунчилик ижроси устидан норматив-хуқуқий ва техник хужжатларни такомиллаштиришга қаратилган таклиф ва тавсиялар ишлаб чиқиш.

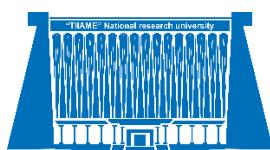
### **Фойдаланилган адабиётлар руйхати.**

1. Мирзиёев Ш. Янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси. Тўлдирилган иккинчи нашри. – Тошкент: “O`zbekiston” нашриёти, 2022. – 440 бет.
2. 2020-2030 йилларда Ўзбекистон Республикасини электр энергияси билан таъминлаш концепцияси.
3. <https://minenergy.uz/ru/news/view/3617>.
4. <https://nsdg.stat.uz/uz/>.
5. Стребков Д.С., Некрасов А.И. Резонансные методы получение, передачи и применения электрической энергии. – Москва: “Сам полиграфист”, 2018. – 572 с.
6. Медведов А.А. Суворов С.А., Лавров В.А. Эксплуатация электрооборудования в сельском хозяйстве. – Москва: “Росинформагротех”, 2013. – 226 с.



**The conference dedicated to the 90th anniversary of the  
“Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural  
Mechanization Engineers” National Research University  
*on the topic*  
“Development of Specialized Higher Education and  
Science in the Conditions of Globalization : Problems and  
Opportunities”  
International Scientific Conference**

**CONFERENCE PROCEEDINGS**  
*April 9–10, 2025*



Republic of Uzbekistan, Tashkent city  
39, Qori Niyoziy Street, 100000  
Phone: +998 71 237-46-68  
Email: [admin@tiiame.uz](mailto:admin@tiiame.uz)