ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 6

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEKISTON ENERGETIKA TIZIMIDA GIDROAKKUMULYATSION ELEKTR STANSIYALAR TEXNOLOGIYALARINI INTEGRATSIYALASH ASOSIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Abdullayeva Muxtasar Akmaljon qizi.
Farg‘ona davlat texnika universiteti , Energetika muhandisligi kafedrasi, Pedagogika f.b.f.d PhD
E-mail: abdullayevamuxtasarxon91@gmail.com
Ortiqov Mamurjon Mo‘minjonovich
Farg‘ona davlat texnika universiteti magistranti

Annotatsiya. Mazkur maqolada gidroakkumulyatsiyalovchi elektr stansiyalarning (GAES) ishlash prinsipi, O‘zbekiston sharoitida ularni qurish imkoniyatlari hamda texnik-iqtisodiy samaradorligi tahlil qilindi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, tog‘li hududlar va mavjud suv omborlari GAES qurish uchun qulay sharoit yaratishi aniqlandi. Shuningdek, GAES elektr yuklamalarini muvozanatlashtirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish va energiya tizimi barqarorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega ekanligi asoslab berildi.

Kalit so‘zlar: GAES, gidroakkumulyatsiyalovchi elektr stansiya, energiya saqlash, gidroenergetika, qayta tiklanuvchi energiya, elektr yuklamasi, suv ombori, energetika tizimi, nasos-turbina, energiya samaradorligi.

Аннотация. В данной статье рассматриваются принцип работы гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС), возможности их строительства в условиях Узбекистана, а также их технико-экономическая эффективность. Результаты исследования показали, что горные районы и существующие водохранилища создают благоприятные условия для строительства ГАЭС. Кроме того, обоснована важность ГАЭС в балансировании электрических нагрузок, эффективном использовании возобновляемых источников энергии и повышении устойчивости энергетической системы.

Ключевые слова: ГАЭС, гидроаккумулирующая электростанция, накопление энергии, гидроэнергетика, возобновляемая энергия, электрическая нагрузка, водохранилище, энергетическая система, насос-турбина, энергоэффективность.

Abstract. This article analyzes the operating principle of pumped-storage hydroelectric power plants (PSHPP), the possibilities of their implementation in Uzbekistan, and their technical and economic efficiency. The results of the study show that mountainous regions and existing reservoirs create favorable conditions for the construction of PSHPPs. In addition, the study substantiates the importance

of PSHPPs in balancing electrical loads, efficient utilization of renewable energy sources, and improving the stability of the energy system.

Keywords: PSHPP, pumped-storage hydroelectric power plant, energy storage, hydropower, renewable energy, electrical load, reservoir, energy system, pump-turbine, energy efficiency.

KIRISH.

Bugungi kunda jahon energetika tizimida elektr energiyasiga bo‘lgan talabning ortib borishi, qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ulushi kengayayotgani, hamda energiya resurslaridan samarali foydalanish masalalari energetika sohasining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylanmoqda. Ayniqsa, elektr energiyasini ishlab chiqarish va iste’mol qilish jarayonidagi notekis yuklamalar, yuklama iste’molining yuqori davrlarida quvvat yetishmovchiligi hamda energiya tizimlarida barqarorlikni ta’minlash masalalari zamonaviy energiya akkumulyatsiyasi texnologiyalarini joriy etishni talab qilmoqda. Shu nuqtai nazardan, gidroakkumulyatsion elektr stansiyalar (GAES) texnologiyalari elektr energetika tizimining samaradorligini oshirishda muhim texnologik yechimlardan biri sifatida qaralmoqda.

So‘nggi yillarda gidroakkumulyatsion elektr stansiyalar (GAES) texnologiyalaridan foydalanish orqali elektr energetika tizimlarining barqarorligini oshirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiyalash hamda energiya samaradorligini ta’minlash masalalariga katta e’tibor qaratilmoqda. Ilmiy tadqiqotlarda GAES texnologiyalari elektr energiyasini katta hajmda saqlash imkoniyatiga ega bo‘lgan eng samarali energetik tizimlardan biri sifatida baholanadi. Bu borada bir qator ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan bo‘lib, Aneke va Wang ilmiy tadqiqotlarda energiyani saqlash texnologiyalarining zamonaviy energetika tizimidagi o‘rni tahlil qilingan, unda GAES texnologiyalarining yuqori foydali ish koeffitsienti, katta quvvatda ishlash imkoniyati hamda uzoq muddat xizmat qilishi asoslab berilgan [1]. Mualliflar qayta tiklanuvchi energiya manbalarining o‘zgaruvchan ishlab chiqarish rejimlarini muvozanatlashtirishda aynan GAES tizimlari muhim rol o‘ynashini ta’kidlagan.

Yang va Jackson tadqiqotlarida GAES tizimlarining shamol hamda quyosh elektr stansiyalari bilan integratsiyalashuvi o‘rganilgan [2]. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, GAES texnologiyalari elektr yuklamalarining pik davrlarini boshqarish, energiya tizimidagi chastota va kuchlanish barqarorligini ta’minlash hamda avariyaviy holatlarning oldini olish imkonini beradi. Ayniqsa, qayta tiklanuvchi energiya manbalari ulushi ortib borayotgan energetika tizimlarida GAES strategik texnologiya sifatida baholangan.

ISSN 3030-3907

Katsaprakakis tomonidan amalga oshirilgan tadqiqotlarda tog‘li va orol hududlarida joylashgan energetika tizimlarida GAES texnologiyalaridan foydalanish samaradorligi tahlil qilingan [3]. Tadqiqot natijalarida elektr energiyasi iste’molidagi notekis yuklamalarni kamaytirish, energiya yo‘qotishlarini qisqartirish hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish darajasini oshirishda GAES tizimlari yuqori samaradorlikka ega ekanligi aniqlangan.

Luo va boshq.[4] tomonidan energiyani saqlash texnologiyalarining rivojlanish istiqbollari bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda GAES tizimlari sanoat miqyosida eng keng tarqalgan energiya akkumulyatsiyasi texnologiyasi sifatida qayd etilgan. Mualliflarning fikricha, elektr energiyasiga talab va ishlab chiqarish orasidagi nomutanosiblikni bartaraf etishda GAES texnologiyalarining ahamiyati juda yuqori hisoblanadi.

Rehman [5] tomonidan qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi elektr tizimlarida energiya saqlash usullari o‘rganilgan bo‘lib, unda GAES texnologiyalarining energiya tizimi ishonchliligini oshirishdagi roli yoritilgan. Tadqiqotlarda energiya ishlab chiqarishning uzluksizligini ta’minlash va elektr tarmoqlaridagi yuklamalarni optimallashtirishda GAES muhim texnologik yechim sifatida ko‘rsatilgan.

Yang hamda boshqa tadqiqotchilar tomonidan olib borilgan ilmiy ishlarda esa GAES tizimlarining ekologik va iqtisodiy samaradorligi tahlil qilingan [6]. Tadqiqot natijalari GAES texnologiyalari uzoq muddatli ekspluatatsiya sharoitida iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lishi bilan birga atmosferaga zararli chiqindilarni kamaytirishga ham xizmat qilishini ko‘rsatgan. Taxlil qilingan ishlar shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekiston sharoitida ham GAES texnologiyalaridan samarali foydalanib energiya samaradorligini oshirish borasida ilmiy-tadqiqot ishlari zarurdir.

O‘zbekiston energetika tizimida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish va elektr tarmoqlarini modernizatsiyalash bo‘yicha qator ilmiy-amaliy ishlar amalga oshirilayotgan bo‘lsa-da, GAES texnologiyalarini joriy etishning texnik va iqtisodiy samaradorligi yetarli darajada tadqiq qilinmagan. Shu sababli O‘zbekiston sharoitida mavjud suv omborlari, relef xususiyatlari va energetik infratuzilma imkoniyatlari asosida GAES tizimlarini qo‘llash istiqbollarini ilmiy jihatdan asoslash dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

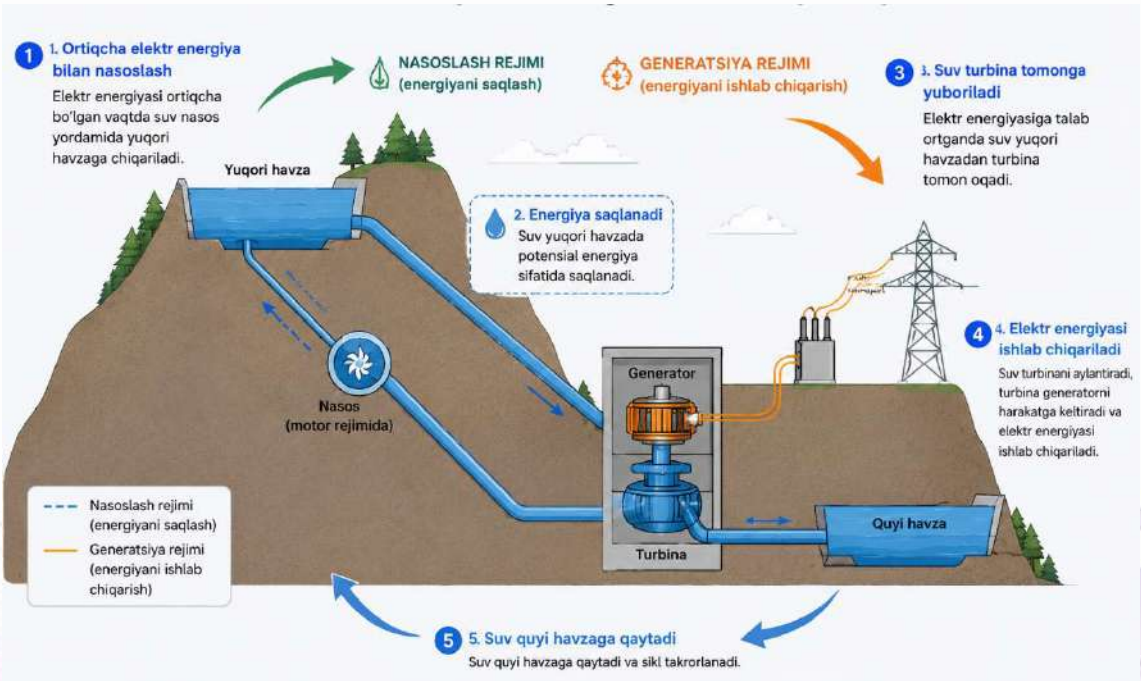
Bugungi kunda O‘zbekiston Respublikasi energetika tizimida qayta tiklanuvchi energiya manbalari ulushining ortib borishi energiyani saqlash texnologiyalarini rivojlantirishni talab etmoqda. Shu munosabat bilan Prezidentimizning PQ-44-son hamda PQ-252-son qarorlari asosida gidroenergetikani rivojlantirish va umumiy quvvati 1600 MVt bo‘lgan

ISSN 3030-3907

gidroakkumulyatsiyalovchi elektr stansiyalarini (GAES) qurish bo‘yicha dasturlar tasdiqlandi. Mazkur loyihalar energiya tizimining barqarorligini oshirish, yuklama grafigini muvozanatlashtirish hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanishga xizmat qiladi.

Gidroakkumulyatsion elektr stansiyalar (GAES) elektr energiyasini akkumulyatsiyalash va uni qayta ishlab chiqarishga asoslangan zamonaviy energetik texnologiyalardan biri hisoblanadi. GAESning ishlash prinsipi ikki xil rejim — energiyani jamlash va energiyani ishlab chiqarish jarayonlariga asoslanadi. Mazkur tizim odatda o‘zaro bog‘langan yuqori va quyi suv havzalaridan tashkil topadi.

Elektr energiyasiga talab kam bo‘lgan davrlarda, ya’ni tungi yoki yuklama past bo‘lgan vaqt oralig‘ida elektr tarmog‘idagi ortiqcha energiya yordamida nasos agregatlari ishga tushiriladi. Natijada quyi havzadagi suv yuqori havzaga nasos orqali chiqariladi. Ushbu jarayonda elektr energiyasi suvning potensial energiyasi ko‘rinishida saqlanadi. Mazkur holat GAESning energiyani akkumulyatsiyalash rejimi hisoblanadi. Elektr energiyasiga talab ortgan davrlarda esa yuqori havzada to‘plangan suv bosim ostida gidroturbinalarga yo‘naltiriladi. Suv oqimi turbina parraklarini aylantiradi va generator orqali elektr energiyasi ishlab chiqariladi. Bu jarayon energiyani qayta ishlab chiqarish rejimi hisoblanadi. Shu tariqa GAES tizimlari elektr energiyasi ishlab chiqarish va iste’mol qilish o‘rtasidagi nomutanosiblikni muvozanatlashtirish imkonini beradi.



1-rasm. GAES ning ishlash prinsipi

GAES texnologiyalarining asosiy afzalliklaridan biri elektr yuklamalarining pik davrlarini samarali boshqarish imkoniyatidir. Bundan

ISSN 3030-3907

tashqari, ushbu tizimlar elektr tarmoqlarida chastota va kuchlanish barqarorligini saqlash, avariyaviy holatlarning oldini olish hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan ishlovchi elektr stansiyalar faoliyatini qo‘llab-quvvatlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

GAES tizimlarining ishlash samaradorligi asosan suv havzalari orasidagi balandlik farqi, suv hajmi, gidroturbina va nasos agregatlarining texnik ko‘rsatkichlari hamda boshqaruv tizimining optimallashganligiga bog‘liq bo‘ladi. Zamonaviy GAESlarda reversiv gidroagregatlardan foydalaniladi, ya’ni bitta agregat ham nasos, ham turbina vazifasini bajarishi mumkin. Bu esa tizimning texnik va iqtisodiy samaradorligini oshiradi.

O‘zbekiston sharoitida GAES qurish uchun tog‘li hududlar va mavjud suv omborlari katta imkoniyat yaratadi. Ayniqsa, Chorvoq, Andijon va boshqa yirik gidrotexnik inshootlar yaqinida GAES tizimlarini tashkil etish texnik jihatdan qulay hisoblanadi. Respublikada quyosh va shamol elektr stansiyalarining ko‘payib borayotgani energiyani saqlash tizimlariga ehtiyojni oshirmoqda. Shu sababli GAES elektr yuklamalarini muvozanatlashtirish va energiya tizimi barqarorligini ta’minlashda samarali yechim bo‘la oladi.

Texnik tahlil shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonning tog‘li hududlarida balandliklar farqi 300–600 metr bo‘lgan joylarda GAES qurish imkoniyati mavjud. Masalan, Chorvoq suv ombori hududida yuqori va quyi havzalar orasidagi tabiiy relef nasos-turbina tizimini joylashtirish uchun qulay hisoblanadi. Bunday sharoitda 200 MVt quvvatli GAES sutkaning yuklama yuqori bo‘lgan vaqtida qo‘shimcha elektr energiyasi ishlab chiqarishi mumkin. Shu bilan birga, qayta tiklanuvchi energiya manbalari ishlab chiqargan ortiqcha elektr energiyasini saqlash imkoniyati yaratiladi.

Iqtisodiy jihatdan tahlil qilinganda, GAES qurilishi dastlab katta kapital xarajat talab qiladi, biroq uzoq muddatda elektr energiyasi tannarxini kamaytiradi. Masalan, tungi vaqtda arzon elektr energiyasi hisobiga suv yuqori havzaga chiqariladi, kunning pik yuklama vaqtida esa ushbu suv orqali qimmat elektr energiyasi ishlab chiqariladi. Natijada energiya tizimidagi yuklama notekisligi kamayadi va issiqlik elektr stansiyalarining yoqilg‘i sarfi qisqaradi. Bu esa tabiiy gaz tejalishiga ham olib keladi. Shu sababli GAES loyihalari 10–15 yil davomida o‘zini iqtisodiy jihatdan qoplashi mumkin.

Xulosa qilib aytganda, O‘zbekiston sharoitida GAES qurish texnik va iqtisodiy jihatdan istiqbolli hisoblanadi. Tog‘li hududlar, mavjud suv omborlari hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ortib borishi ushbu texnologiyani joriy etish uchun qulay imkoniyat yaratadi. GAES elektr yuklamalarini muvozanatlashtirish, energiya tizimi barqarorligini oshirish va yoqilg‘i resurslarini tejashda muhim ahamiyat kasb etadi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Aneke M., Wang M. Energy storage technologies and real life applications – A state of the art review // Applied Energy. – 2016. – Vol. 179. – P. 350–377.
2. Yang C. J., Jackson R. B. Opportunities and barriers to pumped hydro energy storage in the United States // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2011. – Vol. 15(1). – P. 839–844.
3. Katsaprakakis D. A., Christakis D. G., Pavlopoylos K. et al. Hybrid power systems with high renewable energy penetration for non-interconnected islands // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2013. – Vol. 29. – P. 851–862.
4. Luo X., Wang J., Dooner M., Clarke J. Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation // Applied Energy. – 2015. – Vol. 137. – P. 511–536.
5. Rehman S., Al-Hadhrami L. M., Alam M. M. Pumped hydro energy storage system: A technological review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – Vol. 44. – P. 586–598.
6. Yang Z., Zhang N., Kintner-Meyer M. C. W. et al. An overview of energy storage technologies for electric power applications // Applied Energy. – 2011. – Vol. 88(7). – P. 243–251.

ISSN 3030-3907