



**FAN VA TEXNOLOGIYALAR
TARAQQIYOTI**

**DEVELOPMENT OF SCIENCE
AND TECHNOLOGI**

1
2026

Tahririyat hay'ati raisi:
SIDDIQOVA S.G'. –
Buxoro davlat texnika universiteti rektori

Muovini:
NIZAMOV A.B. –
BuxDTU ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha prorektori
Tahrir hay'ati:

MUQIMOV K.M. – O'zR FA akademigi (O'zMU)
JALILOV A.T. – O'zR FA akademigi (Toshkent kimyo-texnologiya ITI)
NEGMATOV S.N. – O'zR FA akademigi ("Fan va taraqqiyot" DUK)
BAHODIROV G'.A. – t.f.d., professor, O'zR FA bosh ilmiy kotibi
XAMIDOV O.X. – iqtisod fanlari doktori, professor (BuxDU)
JALILOV T.K. – iqtisod fanlari doktori (DSc), professor (TKTI)
PARDAYEVA M.D. – BuxDTU yoshlar masalalari va ma'naviy-ma'rifiy ishlar bo'yicha birinchi prorektori, falsafa fanlari doktori (DSc)
XOJIYEV A.X. – o'quv ishlari bo'yicha prorektor, texnika f.f.d. (PhD)
SAIDOV S.B. – Buxoro DTU moliya va iqtisod ishlari bo'yicha prorektori
QURBONOV J.M. – texnika fanlari doktori, professor (Samarqand ISI)
ADIZOV B.Z. – texnika fanlari doktori (DSc), pprofessor, O'zRFA UNKI
ASTANOV S.X. – fizika-matematika fanlari doktori, professor
RAXMONOV X.Q. – texnika fanlari doktori, professor
VOXIDOV M.M. – texnika fanlari doktori, professor
JO'RAYEV X.F. – texnika fanlari doktori, professor
SADULLAYEV N.N. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAJIDOV Q.X. – texnika fanlari doktori, professor
FOZILOV S.F. – texnika fanlari doktori, professor
ISABAYEV I.B. – texnika fanlari doktori, professor
ABDURAHMONOV O.R. – texnika fanlari doktori, professor
GAFUROV K.X. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
XAYDAROV A.A. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
JO'RAYEV F.O'. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MURADOVA F.R. – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
JUMAYEV M.R. – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor
YUNUSOVA G.S. – falsafa fanlari doktori (DSc), professor
BOBOYEV A.Ch. – iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor
TO'XTAYEVA Z.Sh. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAXMUDOV M.J. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
HAYITOV R.R. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
BOZOROV G'.R. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
BOLTAYEV Z.I. – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor
OLTIYEV A.T. – texnika fanlari doktori, (DSc)
JALILOV R.B. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAXMUDOV M.I. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAJIDOVA N.Q. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
AXMEDOV V.N. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAXMUDOV R.A. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
PULATOVA M.I. – fizika-matematika fanlari nomzodi, professor
RAHMATOV Sh.A. – pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
OCHILOV A.R. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
O'RINOV U.A. – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
PO'LATOVA S.U. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
SAMIYEVA Sh.X. – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
TESHAYEV M.X. – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor
XAITOV V.U. – iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent
XOJIYEV Sh.M. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
XAYITOV Sh.N. – iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent
ZOIROV E.X. – falsafa fanlari doktori (DSc), dotsent
NARZIYEV M.S. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
NAMAZOVA N.J. – iqtisodiyot fanlari b.f.d. (PhD), dotsent

Bosh muharrir: DO'STOV H.B. – kimyo fanlari doktori, professor

Muharrirlar: Artikova M.M., Istamova G.X.
Musahhih: Barakayeva D.F.

FAN VA TEXNOLOGIYALAR
TARAQQIYOTI
ILMIY-TEXNIKAVIY JURNAL

DEVELOPMENT OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot agentligi Buxoro viloyati boshqarmasida 2014 yil 22-sentyabrda № 05-066-sonli guvohnoma bilan ro'yxatga olingan

Muassis:
Buxoro davlat texnika universiteti

Jurnal O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi OAK Rayosatining 2017 yil 29-martdagi №239/5-sonli qarori bilan dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan. 2019 yilda O'zbekiston Respublikasi OAK Rayosatining qarorlari bilan qayta ro'yxatdan o'tkazilgan.

Tahririyat manzili:
200117, Buxoro shahri, Q. Murtazoyev ko'chasi, 15-uy, Buxoro davlat texnika universiteti

Tel: 0(365) 223-92-40

Faks: 0(365) 223-78-84

E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Jurnalning to'liq elektron varianti bilan <http://journal.bstu.uz> sayti orqali tanishish mumkin.

Ushbu jurnalda chop etilgan materiallar tahririyatning yozma ruxsatisiz to'liq yoki qisman chop etilishi mumkin emas. Tahririyatning fikri mualliflar fikri bilan har doim ham mos tushmasligi mumkin. Jurnalda yoritilgan materiallarning haqqoniyligi uchun maqolalarning mualliflari va reklama beruvchilar mas'uldirlar.

MUNDARIJA – СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

TEXNIKA, TEXNOLOGIYA VA JIHOZLAR	
Normayev Q.H., Pardayeva Sh.S., Pirnazarov Sh.V., Ashirova M.R., Jalg‘asova G.S. Burg‘ilash mashinalari va ularning mexanizmlarini samarali qayta tiklash texnologiyalari.	5
Azamjonov R.S. Eksploatatsiyadagi avtoyo‘l ko‘priklarining yuk ko‘tarish qobiliyatini oshirish usulini takomillashtirish	11
Xolmuxammadiyev A.M., Toshev Sh.O. Burg‘ulash eritmasidan markazdan qochma separator yordamida yengillashtirilgan eritma tayyorlash texnologiyasi	15
Джураев Х.Ф., Ўктамова Ш.Х. Қовоқ уруғи қобиғининг синдириш кучларини аниқлаш методикаси	20
Mansurov O.A. Improving the drying process of fruits using convective method.	24
Jo‘rayev F.O‘., Jo‘rayev A.A., Saidova G.K. Uneversal qurilmaning yumshatuvchi ish oraganining parametrlarini uning ish ko‘rsitkichlariga ta’siri.	27
Авлиякулов Н.Н. Достижение качества измерительных процессов при метрологическом обеспечении производства	32
Do‘stov H.B., Rahimov B.R., Savriyev F.A. Suvlangan gaz quduqlarini qayta ishga tushirish texnologiyasini takomillashtirish tahlili.	36
KIMYO VA KIMYOVIY TEXNOLOGIYALAR	
Toshboyev S.O‘., Panoyev E.R., Hasanov Z.Z. Gazlarni tozalashda qo‘llaniluvchi absorbentlarning tavsifi va unda hosil bo‘ladigan ko‘piklanish sabablari.	43
Умаров С.Х., Рустамов В.Дж., Халлоков Ф.К., Ходжаев У.О., Нарзуллаева З.М. Механизм отрицательной фотопроводимости в TiGaSe ₂	47
Фозилов Х.С., Туробжонов С.М., Фозилов С.Ф. Маҳаллий иккиламчи хом ашё – куйи молекулали полиэтиленни оксидлаб синтетик юқори ёғ кислоталари олиш ва уларнинг физик-кимёвий хоссалари.	52
Абдирахимов И.Э. Способы предотвращения образования гидрата при переработке газов.	57
Alinazarov A.X., Shariboyev N.Y., Jo‘raxanov D.M. Anaerob parchalanish jarayonida harorat barqarorligining metanogen bakteriyalar faolligiga ta’siri va uni quyoshli issiqlik tizimi orqali ta’minlash.	61
Abdirakhimov I.E. Anticorrosion properties of copper phosphide.	66
Norqulov J.F., Ibodullayev M.X., Abduraxmonov O.R., Kodirov O.Sh. Amin eritmalarini issiqlikka bardoshli tuzlardan tozalash jarayonini modellashtirish.	72
Абдирахимов И.Э., Буронов Ф.Э., Курбанов А.Т. Исследование технологических параметров, рекомендованных для синтеза этилена из метана.	79
Rahimov B.R. Yuqori qatronli neftlarning qovushqoqligini pasaytiruvchi depresantlar kompozitsiyasini ishlab chiqish.	86
Эшдавлатова Г.Э., Камолов Л.С. Определение концентрации диэтанолamina титриметрическим методом	91
Rahimov B.R. Qoldiq neftlarni olishda chuqurlik nasos qurilmasini takomillashtirishning dolzarb muamolari.	96
Yuldashev T.R., Buronov F.E., Hafizov S.Sh. Tabiiy gazning tarkibidagi zaharli komponentlarni aminlar yordamida tozalash jarayonlari.	100

MASHINASOZLIK VA ENERGETIKA	
Bafoyev D.X. Detallar sirtini plastik deformatsiyalash va bir tekis mikrorelefnı shakllantirish	107
Majitov J.A. Bioreaktor devorining turli sirtlarida issiqlik berish koeffitsiyentlarini hisoblash va tahlil etish.	112
Azamov S.S. Uch fazali tok o'zgartkichlari yordamida asinxron motorlarni himoya qilish tizimi tatqiq etish.	118
Maxmudov M.I., Qo'shshayeva M.R., Nurov S.S., Timirov H.N., Sayfiyev H.O. Quyosh panellarining samaradorligiga changlanganlikning ta'sirini o'rganish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar tahlili.	122
Атауллаев А.О. Исследование и разработка виброустойчивых инклинометрических преобразователей для систем контроля и управления.	128
Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B. Tojlanish jarayonining yuqori kuchlanishli havo liniyalaridagi quvvat yo'qotishlariga ta'sirini baholash.	135
Murodov K.J. Ko'p qavatli binolarning vertikal chiqindi quvurlaridagi suyuqlik oqimlaridan elektr energiya hosil qilish.	141
Xamroyev X.X. Mexanik ishlov berishda sirt qatlamining mexanik xususiyatlari.	145
Tojimurodov D.D. Asinxron motorlarni nosimmetrik rejimlari.	149
Sadullayev N.N., Nematov Sh.N., To'xtayev Sh.B., Soliyeva Z.N., Murtazoyev F.F. O'zbekistonda quyosh sovtutish tizimlari va ularning texnik imkoniyatlari.	154
INFORMATIKA VA AXBOROT – KOMMUNIKATSION TIZIMLAR	
Babomuradov O.J., Kuyliyeva F.A. Statistical analysis of social network messages.	163
Madaminov U.A., Qodirov D.R. Katta hajmli ma'lumotni parallel qayta ishlashda Hadoop MapReduce tizimini qo'llash.	168
Каххоров М.М. Моделирование ветровой турбины типа Дарье и обоснование её параметров в системе Ansys Fluent.	173
Maxmudov M.Sh. Relief morfometrik ko'rsatkichlari asosida marshrutlashning model va algoritmlari.	179
OZIQ-OVQAT SANOATI TEXNOLOGIYALARI	
Ravshanov S.S., Botirov M.Sh., Ergashev A.M., Mirzaev J.D., Shodmonqulova Q. Quruq iqlimda yetishtirilgan bug'doy donini ochiq omborlarda saqlashning mahsulot xossalariga ta'siri.	184
Sharipov N.Z., Qo'ldosheva F.S. Gilos danagidan moy olish jarayonini infraqizil nurlar yordamida jadallashtirish.	187
Шарипов Н.З. Интенсификация процесса получения масла из ядра косточек вишни в поле сверхвысокочастотного тока.	190
Баракаев Н.Р., Шукуров Ю.У. Мева ва сабзавотларни сублиматия йўли билан қуритишнинг илмий асослари.	194
Ibragimov R.R., Sharipov N.Z. Bodringni konservalash jarayonida noan'anaviy usulda issiqlik ishlov berish jarayonini nazariy asoslari.	199
Kuliyev N.Sh. Meva va sabzavot sharbatlarini ko'pirtirishda ko'pik hosil qilish va emulgirlash xususiyatlarining dinamikasi.	203
Мухамедова М.Э. Разработка рецептуры диабетических сдобных сухарей с использованием синергии растительных компонентов	209
Хужакулов У.К., Мажидова Н.К., Мажидов К.Х. Исследование показателей качества местных сортов овощной продукции длительного хранения.	220

Файзиев А.А., Ахмедов В.Н., Кедельбаев Б.Ш. Технология приготовления натурального мясного полуфабриката ферментированного бифштекса	227
TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT TEXNOLOGIYALARI	
Ramazonov S.S., Ismoyilov F.B. Tola sifatini yaxshilash va tozalash maqsadida jinlash mashinasini ishchi qismlarini takomillashtirish.	233
Muxitdinova M.A., Bebutova N.N. Milliylik va zamonaviylik uyg‘unligi: O‘zbek libos dizaynida yangi yo‘nalishlar.	237
Nematova L.X., Qodirova D.X. Yoshi katta ayollar fe‘l atvori belgilari bo‘yicha iste‘molchilarning tipologik xususiyatlarini aniqlash.	242
Saidova A.S., Saidova G.Sh., Fayzilloyeva N.B. Tikuv mashinasining tahlama qurilmadagi taxlam hosil qilishda takomillashgan tahlam berishdagi tishlarini turli ko‘rinishda choklarga ta‘siri.	246
Совутов М.Э., Мусаев Н.М., Холиқов К.М., Муқимов М.М. Иссиқлик сақлаш хусусияти юқори бўлган трикотаж тўқималарининг физик-механик кўрсаткичлари тадқиқи	251
Shodmonova M.S. Elastikligi yuqori bo‘lgan polimer kompozitsiya olish usulini ishlab chiqish	258
Садуллаева Д.А. Современные материалы: Хан-атлас – традиция и инновация.	261
Джурраев А., Росулов Р.Х., Пардаев Б.Ч., Имомназаров М.С. Пахтани майда ифлосиклардан тозалагичнинг самарали конструкцияси.	267
Aliyev Sh.B. Tikuv mashinasining tishli reykasini lazer nuri yordamida termik ishlov berishning matematik modeli.	270
Musayev S.S., Qodirov T.J. Reseptura ko‘rsatkichlarining poliolefin va etilenpropilen kauçhugi asosidagi poyabzal kompozitsiyalarining iste‘mol va texnologik xususiyatlariga ta‘siri.	275
Amonov A.R., Muxammedjanov M.M. Tikuv mashinasi qavariq rezinali vtulkali qayishqoq tayanchlarga o‘rnatilgan bosh vali tebranish amplitudasi tahlili.	281
Berdimuratov U.T., Rosulov R.X., Pardayev B.Ch. Arrali jinlar konstruksiyasi, asosiy ishchi organlari, ishlash jarayoni.	284
Muxammedova M.O., Axmedov J.J. O‘smirlar uchun soddalashtirilgan ortopedik poyabzal elementlarining konstruktiv yechimlarini ishlab chiqish.	286
Temirova G.I., Shodmonova M.S. Polimer kompozitsiya asosida ko‘p qatlamli mo‘ynali paketlar tayyorlash texnologiyasi.	291
Saidova X.X., Murodova Z., Ulugova N. 3D va ko‘p o‘lchovli geometrik yondashuvlar asosida bolalar kiyimini konstruktiv loyihalash.	295
Kuliyeva D.R. Bazalt mato qo‘llanilgan maxsus kiyim turini tanlash va konstruksiyasini ishlab chiqish	299
Sharipov J.O., Sayitqulov S.O., Begmurodov A.F. Detallarni yeyilishi va korroziyalanishiga asosiy sabablar hamda ulardan himoyalaniş.	306
Toshpulotov L.I., Xamrayeva S.A. Turli o‘rilishli ikki qatlamli ko‘ylakbop matolarning mexanik va deformatsion xususiyatlarining o‘zgarishi.	309
Sayitqulov S.O., Razzoqov R.R. Paxtani mayda iflosliklardan tozalash mashinasining yangi konstruksiyasini ishlab chiqish.	314
Qodirova S.X. Ayollar ustki liboslari bo‘yicha istiqbolli moda yo‘nalishlarini tahlil qilish	318
Каримова Н.Х. Оценка свойств двухслойных трикотажных тканей на основе структурного и механического анализа противостоячивости к трению и разрывного удлинения	322
Maxmudova X.M. Paxta quritishning ahamiyatliligi va undagi texnik muammolar.	326
Behbudov Sh.H., Samadova M.O. Ip va matoga ta‘sir etuvchi tashqi kuchlar asosida tikuv mashinasi bo‘g‘inlarining harakat tenglamalarini tahlil qilish.	332

Шопулатов А.А., Райимкулов Ж.К., Бердимуратов У.Т., Росулов Р.Х. Пахтани майда ифлосликлардан тозалашда қозикчали-планкали барабан планкаларининг таъсири	336
Sultonov M.M., Aloxodjayev A.M., Mirzaaxmedova D.Yu. Takomillashtirilgan tozalash qurilmasining texnologik parametrlarini tadqiq qilish.	340
Azimova G.A., Shokirov L.B. Mahalliy xomashyolarga asoslangan yarim jun to‘qimalar ishlab chiqishning dolzarb masalalari.	350
Agzamova S.M., Gulyayeva G.X., Mukimov M.M., Karimova N.H. Turli xomashyoli ikki qatlamli trikotaj to‘qimalarining sifat ko‘ratkichlarini kompleks baholash.	354
ANIQ VA IJTIMOIIY-IQTISODIY FANLAR	
Mannonov Y.O. Kitobxonlik madaniyatini oshirishning ayrim masalalari.	360
Мухамадиев Б.Т, Мухамадиева З.Б., Джамалов С.Ш. Значение сбалансированного кишечного микробиома в укреплении физического и психологического здоровья	363
Xakimova M.Y. Elektron kutubxonani yaratishda zamonaviy dasturiy-texnik ta’minot	372
Шарипов М.З., Назаров Э.С., Зокирова З.М., Иброхимова С.Ш., Муминов Ш.Х. Структура и свойства одномерных микромагнитных конфигураций в ферромагнитных кристаллах.	375
EKOLOGIYA VA ATROF MUHIT MUHOFAZASI	
Мамедов Р.А., Жамолов Ж.Ж. Оценка низконапорного гидроэнергетического потенциала водозаборных сооружений и ирригационных каналов.	381
Мамедов Р.А. Исследование зависимости выхода водорода от термохимических характеристик электролита в процессе электролиза.	391

ОЦЕНКА НИЗКОНАПОРНОГО ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ИРРИГАЦИОННЫХ КАНАЛОВ

Мамедов Р.А., Жамолов Ж.Ж.

Бухарский государственный технический университет.

Аннотация. В работе проведена оценка низконапорного гидроэнергетического потенциала водозаборных сооружений и оросительных каналов Бухарской области. На основе данных о расходах воды, перепадах уровня и продолжительности водообеспечения выполнены расчёты мощности для 10 объектов. Установлено, что использование водяных колёс нижнего боя при напоре 0,5-2 м и расходах 1-10 м³/с позволяет получать 15-100 кВт без сложных строительных работ. Определены наиболее перспективные точки размещения малых гидроэнергетических установок и предложены рекомендации по их внедрению в ирригационной инфраструктуре региона.

Ключевые слова: оценка гидроэнергетического потенциала, водозаборное сооружение, низконапорный водоток, ирригационный канал, расход потока воды, напор воды, водяное колесо.

ASSESSMENT OF LOW-HEAD HYDROPOWER POTENTIAL OF WATER INTAKE STRUCTURES AND IRRIGATION CANALS

Mamedov R.A., Jamolov J.J.

Bukhara state technical university.

Abstract. The study evaluates the low-head hydropower potential of water intake structures and irrigation canals in the Bukhara region. Based on data on water discharge, head differences, and duration of water supply, power calculations were performed for 10 sites. It was found that the use of undershot water wheels at heads of 0,5-2 m and discharges of 1-10 m³/s makes it possible to generate 15-100 kW without complex construction work. The most promising locations for small hydropower installations were identified, and recommendations for their integration into the region's irrigation infrastructure were proposed.

Keywords: hydropower potential assessment, water intake structure, low-head flow, irrigation canal, water discharge, hydraulic head, water wheel.

Введение. Стремительный рост мирового населения и увеличение спроса на электроэнергию усиливают давление на природные ресурсы и обостряют глобальные экологические проблемы [1-3]. Переход к возобновляемым источникам энергии рассматривается как ключевое направление снижения выбросов парниковых газов и обеспечения энергетической устойчивости, способствующее также созданию новых рабочих мест и развитию локальной инфраструктуры [4-6].

В системе возобновляемой энергетики важное место занимают малые гидроэнергетические установки (МГЭУ), способные эффективно использовать энергетический потенциал низконапорных водотоков - рек, оросительных каналов и технологических сооружений водохозяйственных систем. В дополнение к традиционным видам ВИЭ возрастающий интерес обращён к гидроэнергетике, интегрируемой в существующие водозаборные сооружения и инженерные узлы, где искусственный перепад воды является устойчивым, предсказуемым и круглогодичным ресурсом [7]. К водозаборным сооружениям, представляющим интерес для энергетического использования, относятся входные гидроузлы, водоприёмные камеры, перегородки, регулирующие затворы и распределительные гидротехнические конструкции. Такие узлы формируют стабильные перепады и контролируемый расход, что делает их перспективными точками для размещения малых гидроэнергетических установок без существенного вмешательства в работу ирригационной системы [8, 9].

Вместе с тем дальнейшее строительство крупномасштабных гидроэлектростанций ограничено сокращением доступных площадок и возрастанием экологических требований, что повышает актуальность локальной энергетической генерации на основе малых ГЭС, интегрируемых в существующую гидротехническую инфраструктуру. Особое значение в этом контексте приобретает Аму-Бухарский машинный канал (АБМК), являющийся ответвлением реки Амударья и обеспечивающий водоснабжение Бухарской и частично

Навоийской областей Узбекистана. Канал начинается в районе гидроузла «Двойник» (39.219845, 63.719540) и включает разветвлённую систему магистральных и межхозяйственных каналов, в составе которых функционирует большое количество водозаборных и регулирующих сооружений различного типа.

Для эффективного внедрения малых гидроэнергетических установок в условиях АБМК необходима комплексная оценка гидравлических характеристик водозаборных сооружений - величины перепадов, расхода, скорости течения, профиля водотока, а также анализа режима работы затворов и водоподачи в различные сезоны. Ранее исследователями Бухарского инженерно-технологического института была выполнена первичная оценка гидроэнергетического потенциала магистральных и межхозяйственных каналов региона с использованием схемы линейного расположения каналов, предоставленной управлением АБМК, и спутниковых данных Google Earth Pro. На основе этих данных была построена схема (рис. 1), позволяющая идентифицировать участки каналов с потенциальным энергетическим ресурсом.

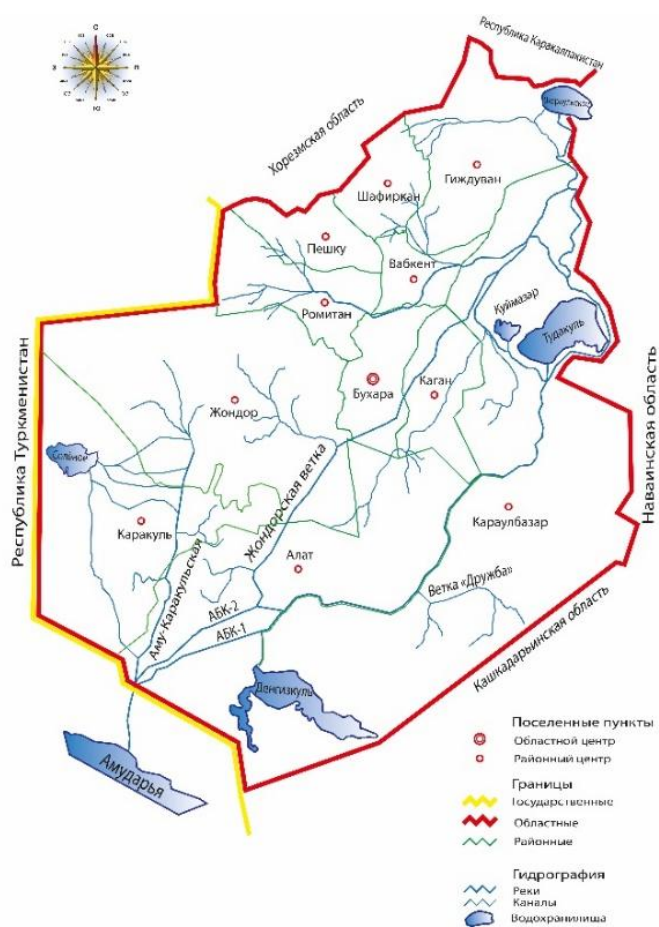


Рис. 1. Схема расположения основных магистральных и межхозяйственных каналов Бухарской области

С учётом того, что водозаборные сооружения и распределительные гидроузлы формируют устойчивые перепады уровня и имеют удобную инженерную инфраструктуру для размещения малых энергетических модулей, их использование представляет значительный интерес для низконапорной гидроэнергетики региона. В данной работе рассматривается возможность применения малых гидроэнергетических установок, в том числе водяных колёс различного конструктивного исполнения, которые являются наиболее эффективными для работы в условиях низких напоров и умеренных расходов, характерных для оросительных каналов и водозаборных узлов Бухарской области.

Цель исследования: комплексно оценить низконапорный гидроэнергетический потенциал водозаборных сооружений и оросительных каналов Бухарской области, определить перспективные точки для размещения малых гидроустановок и разработать конструкцию водяного колеса, адаптированную к выявленным гидравлическим условиям.

Задачи исследования: определить критерии отбора перспективных гидроэнергетических точек с учётом перепада, расхода, доступности и влияния на гидрорежим и экологию. Сформировать базу данных выявленных точек с координатами, параметрами водотока и инфраструктурными условиями. Выполнить расчёт теоретической и технически доступной мощности и оценить суммарный низконапорный потенциал региона. Разработать рекомендации по внедрению малых гидроэнергетических установок на основе водяных колёс и определить направления дальнейших исследований.

Объекты исследования и характеристика гидротехнических сооружений. В рамках настоящего исследования были идентифицированы и обследованы десять точек с действующими гидротехническими сооружениями и участками каналов, обладающих потенциальной возможностью размещения малых гидроэнергетических установок. Отбор объектов осуществлялся с учётом наличия устойчивого водотока, эксплуатационных перепадов уровня, конструктивных особенностей сооружений, а также близости к потребителям электроэнергии. Для каждой точки были определены ключевые параметры: средний расход воды, скорость течения, глубина канала, ширина русла, доступный напор и годовая продолжительность подачи воды. Особое внимание уделялось ирригационным каналам Бухарской области, где круглогодичное водоснабжение обеспечивает благоприятные условия для низконапорной гидроэнергетики.

Представленные ниже краткие описания объектов позволяют комплексно оценить их энергетический потенциал и служат основой для дальнейших расчётов в методологическом разделе. В последующем анализе каждая из двенадцати точек рассматривается с позиции возможности интеграции водяных колёс в существующую инфраструктуру, что позволяет выделить наиболее перспективные сооружения для детального технико-энергетического моделирования.

На рисунке 2 представлена одна из обследованных точек, характеризующая типичный пример гидротехнического сооружения, включённого в анализ.



Рис. 2. Водозаборное сооружение «Абумуслим» (Гиждуванский район)

Данный объект относится к категории мелких водозаборных сооружений с устойчивым сезонным режимом подачи воды, что делает его показательным для оценки потенциала малой гидроэнергетики в ирригационной системе региона. Потенциальная

гидроэнергетическая мощность участка предварительно оценена на уровне порядка 10 кВт, что обусловлено наличием выраженного перепада и стабильного расхода воды. Продолжительность водотока составляет около 300 дней в году, обеспечивая высокий коэффициент доступности и благоприятные условия для круглогодичного энергоснабжения.

Скорость потока достигает примерно 1,5 м/с, что допускает применение низконапорных установок - в частности, водяных колёс или пропеллерных турбин, предназначенных для работы при умеренных скоростях течения. Близость объекта к населенному пункту (около 0,5 км) снижает вероятность увеличения капитальных затрат на подключение и повышает интеграционную привлекательность данного участка.

На рисунке 3 представлено водораспределительное сооружение со стабильным водотоком, позволяющее оценить потенциальную мощность участка примерно в 10 кВт. Продолжительность водоподачи достигает 330 дней в год, что формирует благоприятные условия для установки малых гидроэнергетических систем. Скорость течения порядка 1,2 м/с делает возможным применение низконапорных технологий, включая водяные колёса. Близость населённого пункта (около 0,3 км) дополнительно повышает практическую доступность объекта.



Рис.3. Водораспределительное сооружение «Жилвон» (Гиждуванский район)

На рисунке 4 представлено водозаборное сооружение с чётко выраженным перепадом уровня, обеспечивающим значительный гидроэнергетический потенциал участка – порядка 5 кВт. Продолжительность водотока составляет около 320 дней в году, что делает объект перспективным для стабильной работы малой ГЭС. Скорость течения на уровне 1,5 м/с позволяет применять как низко-, так и средненапорные турбинные решения. Удалённость ближайшего населённого пункта на 2 км требует дополнительного учета инфраструктуры при интеграции вырабатываемой энергии.



Рис 4. Водозаборное сооружение «Хачкаб» (Гиждуванский район)

Представленное на рисунке 5 водораспределительное сооружение характеризуется заметным гидроэнергетическим потенциалом, который оценивается примерно в 90 кВт. Продолжительность водотока в пределах 300 дней обеспечивает устойчивые условия для эксплуатации малой ГЭС, а скорость течения до 5-6 м/с создаёт благоприятные предпосылки для применения низконапорных турбин или водяных колёс повышенной эффективности. Расстояние до ближайшего населённого пункта составляет около 1 км, что делает подключение генерируемой мощности технически доступным и экономически оправданным.



Рис. 5. Водораспределительное сооружение «Коза» (Вабкентский район)

На участке, представленном на рисунке 6, на выходе из напорного трубопровода насосной станции формируется устойчивый падающий поток, создающий благоприятные условия для использования малых гидротурбин. Потенциальная мощность оценивается в диапазоне 20-30 кВт и определяется фактическим расходом воды и величиной перепада. Продолжительность водотока составляет около 300 дней, что обеспечивает высокий коэффициент использования установленной мощности. Скорость потока достигает 3 м/с, позволяя применить низконапорные импульсные турбины. Расстояние до ближайшего населённого пункта (2 км) требует дополнительной оценки инфраструктурных решений при подключении генерируемой энергии.



Рис. 6. Насосная станция «Жаркок» (Караулбазарский район)

На объекте, представленном на рисунке 7, формируется устойчивый падающий поток с высоты около 1,5 м, создаваемый работой насосной станции. Потенциальная мощность участка составляет порядка 30 кВт, при этом водоток наблюдается около 300 дней в году, что обеспечивает надёжность эксплуатации малой гидроэнергетической установки. Скорость истекающей воды достигает 2 м/с, что позволяет эффективно использовать низконапорные

импульсные турбины или вертикальные водяные колёса. Расстояние до ближайшего населённого пункта (2 км) требует предварительной оценки оптимальной схемы подключения генерируемой электроэнергии.



Рис. 7. Насосная станция «Дўстлик» (Караулбазарский район)

На участке канала «Шохруд», представленном на рисунке 8, наблюдается стабильный водоток и ряд малых перепадов, позволяющих разместить пять установок по 5 кВт, каждая с суммарным потенциалом около 25 кВт. Водоподача продолжается примерно 300 дней в году, что обеспечивает высокий коэффициент использования мощности. Скорость течения 1,3 м/с позволяет применять низконапорные турбины или водяные колёса осевого типа. Расстояние до ближайшего населённого пункта составляет 1,5 км, что делает подключение вырабатываемой энергии технически выполнимым.



Рис. 8. Канал «Шохруд» (Каганский район)

На участке канала «Кобдун», представленном на рисунке 9, наблюдается стабильный водоток и достаточная скорость течения, что создаёт условия для размещения малой гидроэнергетической установки. Потенциальная мощность оценивается на уровне около 5 кВт, что обусловлено устойчивым расходом и геометрическими характеристиками канала. Вода подаётся примерно 300 дней в году, обеспечивая продолжительный эксплуатационный период. Скорость потока достигает 1,8 м/с, что позволяет применять низконапорные турбины или водяные колёса, чувствительные к изменениям скорости. Расстояние до ближайшего населённого пункта составляет 1,5 км, что требует анализа оптимальной схемы подключения вырабатываемой энергии.



Рис. 9. Канал «Кобдун» (Бухарский район)



Рис. 10. Водораспределительное сооружение «Бош Шофиркон» (Шафирканский район)

Водораспределительное сооружение «Бош Шофиркон», представленное на рисунке 10, характеризуется стабильным водотоком и выраженным низконапорным потенциалом, оцениваемым примерно в 40 кВт. Скорость движения воды достигает 1,5 м/с, что позволяет эффективно применять низконапорные турбины или водяные колёса. Устойчивый расход обеспечивает возможность круглогодичной эксплуатации малой гидроэнергетической установки. Ближайший населённый пункт находится на расстоянии около 2 км, что требует предварительной оценки технических условий для подключения вырабатываемой электроэнергии.

Водозаборное сооружение, расположенное по координатам 39.865177, 64.522381 и представленное на рисунке 11, обладает высокими гидравлическими параметрами и стабильным круглогодичным водотоком, обеспечивающим водоснабжение города Бухары. Скорость движения воды достигает 4-6 м/с при расходе 1-20 м³/с и напоре 0,5-2 м, что создаёт благоприятные условия для установки энергоэффективной низконапорной турбины. Потенциальная мощность участка оценивается на уровне около 50 кВт, что позволяет обеспечить устойчивую круглогодичную генерацию электроэнергии. Благодаря сочетанию высокой скорости потока и надёжного водообеспечения, данный объект является одним из наиболее перспективных для внедрения малой гидроэнергетики в регионе.

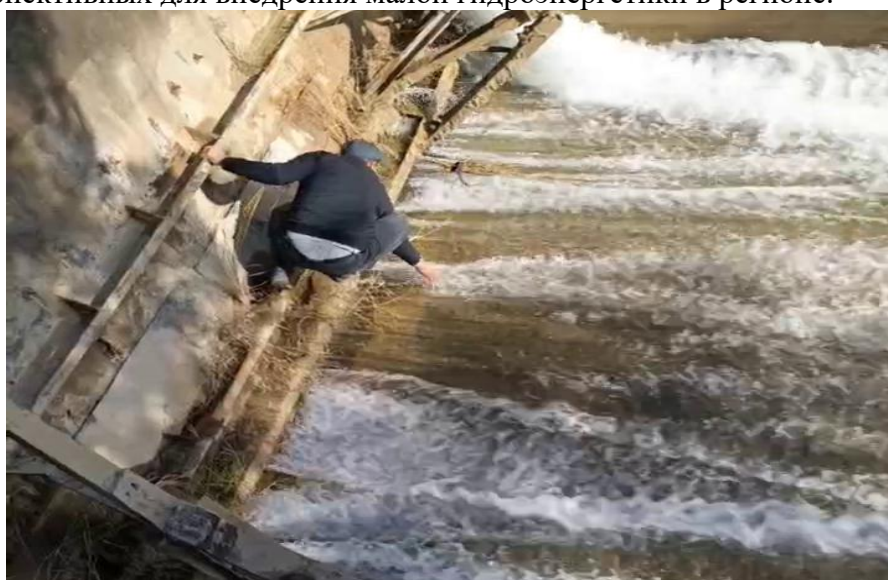


Рис. 11. Водозаборное сооружение на канале «Кобдун» (посёлок Галаосиё)

Методология. При оценке низконапорного энергетического потенциала каналов и водозаборных сооружений используется классическая гидравлическая модель потенциальной мощности потока. Теоретическая мощность определяется через произведение расхода, плотности воды, ускорения свободного падения и доступного напора [11-13]. В инженерной практике данное выражение служит основой для всех последующих оценок и корректируется с учётом гидравлических потерь и коэффициента полезного действия оборудования.

Теоретическая мощность потока выражается формулой:

$$P_{\text{теор}} = \rho g Q H \quad (1)$$

где $P_{\text{теор}}$ - теоретическая мощность, Вт; ρ - плотность воды, (обычно 1000 кг/м^3 ; g - ускорение свободного падения, ($9,81 \text{ м/с}^2$) Q - расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; H - доступный напор, м.

Формула (1) широко используется в отечественных и зарубежных исследованиях малой гидроэнергетики, особенно для каналов и оросительных сооружений [11], [14].

Реальный электрический выход учитывает суммарные преобразовательные потери: эффективность гидроагрегата (в нашем случае - нижнебойного водяного колеса $\eta_{\text{г}}$) и эффективность генератора $\eta_{\text{ген}}$. Введём суммарный КПД системы:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{ген}} \quad (2)$$

Для нижнебойного водяного колеса типично $\eta_{\text{г}} \approx 0,3$ [12,15], для генератора $\eta_{\text{г}} \approx 0,9$ (малые синхронные электрогенераторы), следовательно $\eta_{\text{общ}} \approx 0,27$.

Электрическая мощность определяется как

$$P_{\text{эл}} = \eta_{\text{общ}} \cdot P_{\text{теор}} \quad (3)$$

Здесь $P_{\text{эл}}$ - электрическая мощность на выходе, Вт. Формулы (1)-(3) приняты в отечественной и международной практике оценки малой гидроэнергетики [11-13,15].

Расход Q получают либо прямым измерением поперечного сечения и средней скорости, либо по гидравлическим формулам. При прямом измерении

$$Q = A \cdot v \quad (4)$$

где A - площадь живого сечения потока, м^2 ; v - средняя скорость потока, м/с [13].

Геометрический напор $H_{\text{г}}$ отличается от эффективного напора $H_{\text{э}}$ из-за гидравлических потерь; для инженерных расчётов следует учитывать суммарные потери $h_{\text{пот}}$:

$$H_{\text{э}} = H_{\text{г}} - h_{\text{пот}} \quad (5)$$

или в более точной кинетической записи

$$H_{\text{э}} = H_{\text{г}} + \frac{v_{\text{in}}^2 - v_{\text{out}}^2}{2g} - h_{\text{пот}} \quad (6)$$

где v_{in} и v_{out} - средние скорости до и после установки; $h_{\text{пот}}$ включает трение, местные вихревые потери и потери на входе/выпуске [13,16].

Годовая энергия рассчитывается через мощность и время работы. В соответствии с принятым допущением для эксплуатационных расчётов принимаем эффективное время работы установки $t = 8000$ ч/год (остаток года резервируется на обслуживание и ремонты). Тогда годовая энергетическая выработка равна:

$$E_{\text{г}} = P_{\text{эл}} \cdot t \quad (7)$$

Результаты исследования. На рисунке 12 приведена линейная зависимость электрической мощности малой гидроустановки от расхода воды при постоянном напоре $H = 1,5$ м. Характер зависимости строго пропорциональный: увеличение расхода приводит к равномерному росту мощности. На рисунке отмечена расчётная точка водозаборного сооружения Кобдун ($Q=5 \text{ м}^3/\text{с}$), для которой при суммарном КПД $\eta_{\text{общ}} = 0,27$ электрическая мощность составляет $P = 20$ кВт. График демонстрирует высокий потенциал увеличения мощности при росте расхода, что особенно важно для ирригационных каналов с сезонно изменяющимся объёмом подачи воды.

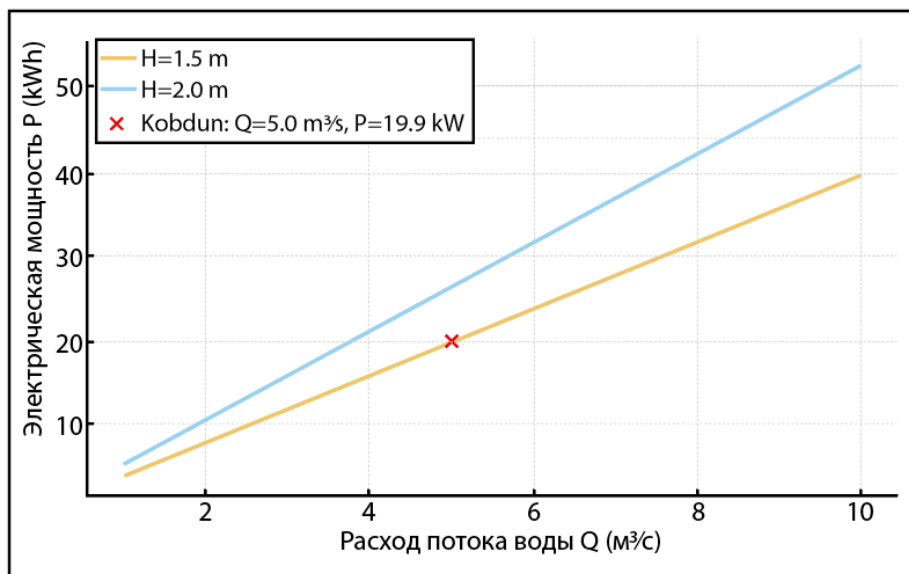


Рис.12. График зависимости электрической мощности от расхода потока воды

График зависимости, представленный на рисунке 13 отражает линейный рост годовой выработки электроэнергии малой ГЭС при увеличении напора. Увеличение напора даже на 0,5-1 м существенно изменяет энергетический потенциал участка. Расчётная точка Кобдун (H=1,5 м) показывает годовую выработку около 159 МВт·ч при расходе 5 м³/с. График подчёркивает важность инженерных решений, позволяющих увеличить эффективный напор даже при малых геометрических перепадах.

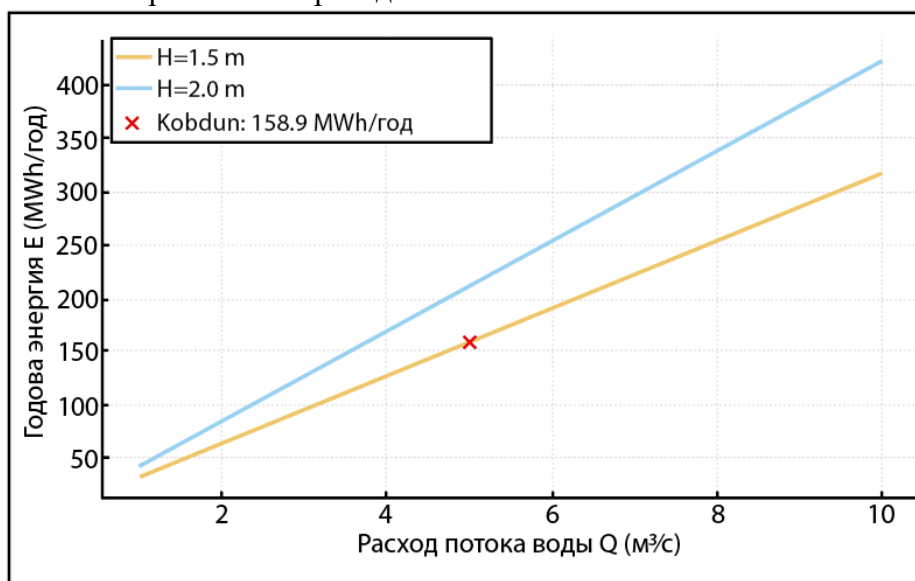


Рис.13. График зависимости годовой теоретической выработки электроэнергии от расхода потока воды

На рисунке 14 представлено влияние напора на электрическую мощность для двух характерных расходов ирригационных каналов. Линейные кривые показывают, что при одинаковом увеличении напора канал с большим расходом ($Q=8 \text{ м}^3/\text{с}$) демонстрирует более высокую мощность на каждом уровне напора H . Разница между линиями визуализирует важную гидроэнергетическую характеристику: масштабирующий эффект расхода. При напоре 1,5 м, например, мощности составляют около 20 кВт ($Q=5 \text{ м}^3/\text{с}$) и около 32 кВт ($Q=8 \text{ м}^3/\text{с}$). Таким образом, график подчёркивает, что энергетическая эффективность участка

определяется одновременно обоими параметрами - и расходом, и напором, а их совместная оптимизация даёт максимальный эффект.

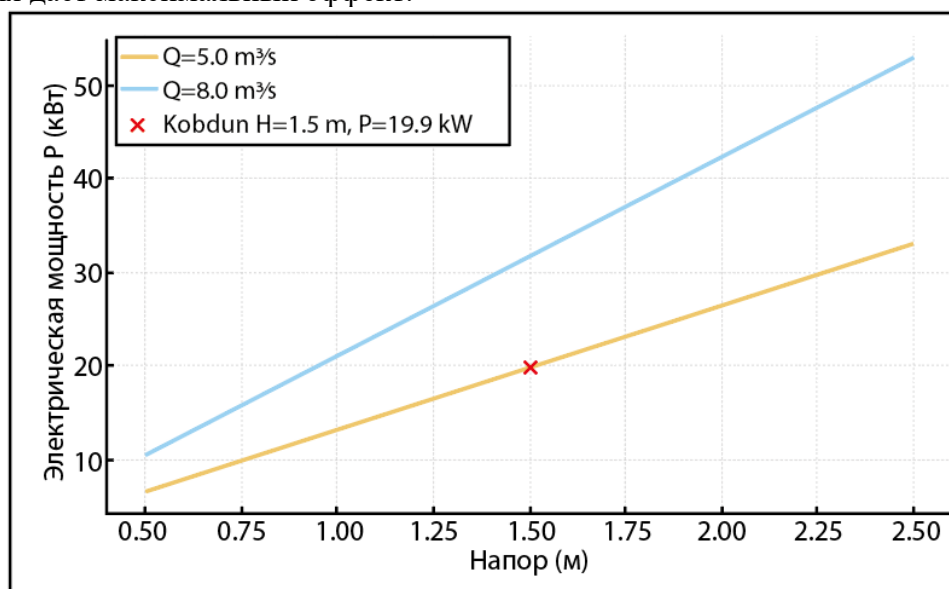


Рис.14. График зависимости электрической мощности от напора для двух расходов потока воды

На основе проведённой оценки низконапорного гидроэнергетического потенциала предлагается внедрение малых гидроэнергетических установок с водяными колёсами нижнего боя, которые наиболее эффективно работают в условиях небольших напоров и стабильных расходов, характерных для оросительных каналов и водозаборных сооружений Бухарской области. Использование таких установок целесообразно в точках с перепадом уровня 0,5-2 м и расходами воды от 1 до 10 м³/с, где расчёты показали технически достижимую мощность 30-100 кВт. Рекомендуется применять модульные конструкции с упрощённым обслуживанием и возможностью быстрой установки без изменения гидротехнической структуры каналов. Для обеспечения устойчивой генерации следует учитывать сезонные колебания расхода воды, интеграцию с локальными нагрузками и требования по экологической безопасности. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию профиля лопастей колеса для повышения КПД, разработку адаптивных систем регулирования при изменяющемся потоке, а также технико-экономическую оценку гибридных систем, сочетающих малую гидроэнергетику с другими возобновляемыми источниками энергии.

Заключение. Исследование показало, что система каналов и водозаборов Бухарской области обладает значительным низконапорным потенциалом для размещения малых ГЭС. Даже при небольших напорах и умеренных расходах возможно получение до 100 кВт на отдельных объектах. Наиболее перспективны сооружения с устойчивым водотоком и напором 0,5-2 м. Применение модульных водяных колёс позволяет обеспечить выработку энергии без серьёзного вмешательства в существующую инфраструктуру. Рекомендуются дальнейшие исследования, направленные на повышение эффективности колёс и адаптацию установок к сезонным изменениям расхода воды.

Список литературы

1. Brown J., Smith A., Lee K. «Global Energy Demand Trends», *Renewable Energy Journal*, 2019, Vol. 12, No. 4, pp. 215-228.
2. Li X., Chen Y. «Environmental Constraints of Fossil Energy», *Energy Policy Review*, 2021, Vol. 15, No. 2, pp. 135-149.
3. International Energy Agency (IEA). *World Energy Outlook*, 2020, IEA Publishing, pp. 1–600.

4. Kumar A., Patel R., Gupta S. «Renewable Energy and Climate Mitigation», *Energy Systems Research*, 2022, Vol. 8, No. 1, pp. 45-61.
5. REN21. *Global Status Report on Renewables*, 2021, REN21 Secretariat, Paris, pp. 1–300.
6. IRENA. *Employment and Economic Impact of Renewables*, 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, pp. 1-120.
7. Paish O. «Small Hydro Power: Technology and Status», *Renewable Energy*, 2018, Vol. 10, No. 3, pp. 345-358.
8. Zhang L. «Environmental Impact of Large Dams», *Hydropower Review*, 2017, Vol. 5, No. 2, pp. 99-112.
9. Vassilios P. «Constraints of Large Hydropower Expansion», *Journal of Water Resources*, 2020, Vol. 14, No. 1, pp. 25-37.
10. Karimov R., Mamatov B. «Assessment of Hydropower Potential in Irrigation Networks», *Central Asian Water Journal*, 2021, Vol. 3, No. 2, pp. 82-94.
11. Нестеров С.А., Малюгин С.М. *Малые гидроэлектростанции: расчёт и проектирование*. М.: Энергоатомиздат, 2018, с. 1-320.
12. Лубенец Б.В. *Гидравлика и энергетика водотоков*. СПб.: Гидрометиздат, 2015, с. 1–280.
13. ГОСТ 8.586.2–2005. *Измерение расхода воды в открытых руслах*. М.: Стандартинформ, 2005, 38 с.
14. Paish O. “Small Hydropower: Technology and Current Status”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2002, Vol. 6, No. 6, pp. 537-556.
15. Williams A. “Low-head Hydropower Technologies”, *International Journal of Hydropower & Dams*, 2014, Vol. 21, No. 4, pp. 72-82.
16. Fraenkel P. *Water Lifting Devices and Low-head Hydropower*. FAO Irrigation and Drainage Paper, UN FAO, 2010, pp. 1-240.

Мамедов Расул Акиф-огли - доцент кафедры «Электрическая и энергетическая инженерия», Бухарского государственного технического университета, Тел: (+99893) 960-93-39, e-mail: rasul_91-92@mail.ru

Жамолов Жабборшоҳ Жахонгир угли - базовый докторант кафедры «Электрическая и энергетическая инженерия», Бухарского государственного технического университета

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЫХОДА ВОДОРОДА ОТ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОЛИТА В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА

Мамедов Р.А.

Бухарский государственный технический университет.

Аннотация. В работе рассмотрено влияние термодинамических характеристик электролита - температуры, теплоёмкости, теплопроводности, вязкости и электропроводности - на эффективность электролиза воды и выход водорода. Проведён анализ современных исследований для щелочных (АВЕ), протон-обменных (РЕМ) и твердооксидных (SOEC) электролизёров, выявлены зависимости выхода H₂ от состава и температуры электролита. Установлено, что оптимальные условия обеспечиваются при температуре 60-70 °С для щелочных и 50-80 °С для РЕМ-систем при концентрации 20-35 % КОН или NaOH. Показано, что комплексная оптимизация химического состава и температурного режима электролита позволяет повысить выход водорода на 10-25 %, снизить энергопотребление на 8-15 % и увеличить долговечность ячейки на 20-30 %. Сформулированы рекомендации по подбору параметров электролита, направленные на повышение энергоэффективности и устойчивости водородных технологий.

Ключевые слова: водород, электролиз воды, термодинамические характеристики, электролит, электропроводность, температура, щелочной электролиз, РЕМ-электролиз, энергоэффективность, теплоёмкость, теплопроводность.