



**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ТАРАҚҚИЁТИ**
**РАЗВИТИЕ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ**



6
2025



Тахририят ҳайъати раиси:

СИДДИҚОВА С.Ғ. –

Бухоро давлат техника университети ректори

Муовини:

НИЗАМОВ А.Б. –

БухДТУ илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори

Тахрир ҳайъати:

МУҚИМОВ К.М. – ЎзР ФА академиги (ЎЗМУ)

ЖАЛИЛОВ А.Т. – ЎзР ФА академиги (Тошкент кимё-технология ИТИ)

НЕГМАТОВ С.Н. – ЎзР ФА академиги (“Фан ва тараққиёт” ДУК)

БАҲОДИРОВ Ғ.А. – т.ф.д., профессор, ЎзР ФА бош илмий котиби

ХАМИДОВ О.Х. – иқтисод фанлари доктори, профессор (БухДУ)

ЖАЛИЛОВ Т.К. – иқтисод фанлари доктори (DSc), профессор (ТКТИ)

ПАРДАЕВА М.Д. – БухДТУ ёшлар масалалари ва маънавий-маърифий ишлар бўйича биринчи проректори, фалсафа фанлари доктори (DSc)

ХОЖИЕВ А.Х. – ўқув ишлари бўйича проректор, техника ф.ф.д. (PhD)

САИДОВ С.Б. – Бухоро ДТУ молия ва иқтисод ишлари бўйича проректори

ҚУРБОНОВ Ж.М. – техника фанлари доктори, профессор (Самарқанд ИСИ)

АДИЗОВ Б.З. – техника фанлари доктори (DSc), профессор, ЎзРФА УНКИ

АСТАНОВ С.Х. – физика-математика фанлари доктори, профессор

РАХМОНОВ Х.Қ. – техника фанлари доктори, профессор

ВОХИДОВ М.М. – техника фанлари доктори, профессор

ЖЎРАЕВ Х.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

САДУЛЛАЕВ Н.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВ Қ.Х. – техника фанлари доктори, профессор

ФОЗИЛОВ С.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

ИСАБАЕВ И.Б. – техника фанлари доктори, профессор

АБДУРАҲМОНОВ О.Р. – техника фанлари доктори, профессор

ГАФУРОВ К.Х. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙДАРОВ А.А. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ЖЎРАЕВ Ф.Ў. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МУРАДОВА Ф.Р. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ЖУМАЕВ М.Р. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ЮНУСОВА Г.С. – фалсафа фанлари доктори (DSc), профессор

БОБОЕВ А.Ч. – иқтисодиёт фанлари номзоди, профессор

ТЎХТАЕВА З.Ш. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.Ж. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ҲАЙИТОВ Р.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЗОРОВ Ғ.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЛТАЕВ З.И. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ОЛТИЕВ А.Т. – техника фанлари доктори, (DSc)

ЖАЛИЛОВ Р.Б. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.И. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВА Н.Қ. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

АХМЕДОВ В.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ Р.А. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ПУЛАТОВА М.И. – физика-математика фанлари номзоди, профессор

РАҲМАТОВ Ш.А. – педагогика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

ОЧИЛОВ А.Р. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ЎРИНОВ У.А. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ПЎЛАТОВА С.У. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

САМИЕВА Ш.Х. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ТЕШАЕВ М.Х. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙТОВ В.У. – иқтисодиёт фанлари доктори (DSc), доцент

ХОЖИЕВ Ш.М. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ХАЙИТОВ Ш.Н. – иқтисодиёт фанлари доктори (DSc), доцент

ЗОИРОВ Э.Х. – фалсафа фанлари доктори (DSc), доцент

НАРЗИЕВ М.С. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

НАМАЗОВА Н.Дж. – иқтисодиёт фанлари б.ф.д. (PhD), доцент

Бош муҳаррир: ДЎСТОВ Ҳ.Б. – кимё фанлари доктори, профессор

Муҳаррирлар: Артикова М.М., Истамова Г.Х.

Мусахҳиҳ: Баракаева Д.Ф.

ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТАРАҚҚИЁТИ

ИЛМИЙ – ТЕХНИКАВИЙ ЖУРНАЛ

РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал Ўзбекистон матбуот ва ахборот агентлиги Бухоро вилояти бошқармасида 2014 йил 22-сентябрда № 05-066-сонли гувоҳнома билан рўйхатга олинган

Муассис:

Бухоро давлат техника университети

Журнал Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги ОАК Раёсатининг 2017 йил 29-мартдаги №239/5-сонли қарори билан диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий наشرлар рўйхатига киритилган. 2019 йилда Ўзбекистон Республикаси ОАК Раёсатининг қарорлари билан қайта рўйхатдан ўтказилган.

Тахририят манзили:

200117, Бухоро шаҳри, Қ. Муртазоев

кўчаси, 15-уй, Бухоро давлат

техника университети

Тел: 0(365) 223-92-40

Факс: 0(365) 223-78-84

Электрон манзил:

E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Журналнинг тўлиқ электрон варианты билан

<http://journal.bstu.uz>

сайти орқали танишиш мумкин.

Ушбу журналда чоп этилган материаллар тахририятнинг ёзма рухсатисиз тўлиқ ёки қисман чоп этилиши мумкин эмас.

Тахририятнинг фикри муаллифлар фикри билан ҳар доим ҳам мос тушмаслиги мумкин. Журналда ёритилган материалларнинг ҳаққонийлиги учун мақолаларнинг муаллифлари ва реклама берувчилар масъулдирлар.

МУНДАРИЖА - СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИҲОЗЛАР	
Яхяев Н.Ш. Эксплуатация нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами....	5
Назаралиева Н. Дезодорациялаш жараёни гидродинамикасини яхшилашда секцияларга ажратиш истиқболлари.....	12
Mansurov O.A. Improving the drying process of fruits using convective method.....	17
Urinov A.A. Magistral quvurlari himoya qoplamalarini modifikatsiyalashda uglevodorod xomashyosi va bitum piroliz chiqindilarini qo'llash salohiyati.....	21
Норбоев О.Н., Улжаев Э. Расчет основного параметра емкостного датчика.....	25
Tog'aymurodov S.Z, Rasulova B.I. Yuklama tokining o'zgarishini transformatorlarning ichki izolyatsiyasiga bog'liqligini tekshirish.....	30
Berdiyev D.M., Komilova G.M. Shtamp asboblarning termik ishlov berish harorat rejimlarini optimallashtirish.....	34
Зокирова Д.А. Свободных и вынужденных колебаний на установке - ТМ 155.....	38
Bibutov N.S., Hojiyev A.X., Xabibov F.Yu., Xamroyev X.X. Metall konstruksiyalar.....	42
Shukrullayev J.O., Jo'rayev X.F. Barabanli quritgichda gidrodinamik rejimlarini nazariy tadqiq qilish.....	51
КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Беккулов Дж.Ш. Адаптивный виртуальный анализатор на основе метода “движущегося окна”, предназначенный для определения и анализа качественных показателей хлорида калия в режиме реального времени, постоянно адаптирующий свой алгоритм работы на основе последних данных.....	56
Mahmudov G' B., Ravshanov F.A., Qalandarov A.F. Sianlash jarayonida ionsektiv elektrodi usuli yordamida sian konsentratsiyasini o'lchash aniqligini oshirish.....	63
Obidov H.O. Gazni qayta ishlash zavodlarida turli xildagi absorbentlarning tahlili va jihoz, qurilmalarning korroziyalanishini oldini olish.....	72
Tilloeva Sh., Sharipov K. Improvement of the demercaptanization process based on kerosene production technology.....	77
Jo'rayeva D.Sh., Jumayev J.H., Atoev E.X. Sintez qilib olingan 1-(defenilamino)butanon-2 ning xromato-mass spektri tahlili.....	81
Ахмедова О.Б., Мустафоев Б.Ж. Риформинг жараёни учун янги авлод катализаторини танлаш.....	85
Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Расулова С.Н., Рузиев У.Н., Абдуллаев Ф.Р., Асадов А.И. Совершенствование технологии получения высокочистого вольфрамового ангидрида.....	90
Tojiyev O.O., Sharipov Q.Q., Yaminov F.F. Neft va gaz quduqlarining mahsuldorligini oshirish uchun tarkibi yaxshilangan kislota eritmasini olish.....	95
Фозилов Ҳ.С., Туробжонов С.М., Фозилов С.Ф. Этил спирти куб қолдиғи сивуш мойи асосида дизел ёқилғилари учун мойловчи ва едирилишга қарши присадкаларни олиш.....	100
Ranoyev E.R., Do'stov H.B., Nurnazirova G.D. Buxoro neftni qayta ishlash zavodidagi mazut xomashyosining fizik – kimyoviy tahlili va undan moy va koks olish jarayonini tahlil qilish.....	107
Soatov B.Sh., Xasanov A.S., Hakimov K.J., Muhammadiyev E.M. Xondiza polimetall ma'danlarining kollektiv-selektiv flotatsiyasini optimallashtirish va mis boyitmasini ajratib olishning samaradorligini oshirish	113
Ниезов С.А., Умиров Ф.Э., Номозова Г.Р., Махмудов.Р.А., Худойбердиев Ф.И. Калий хлориди ва натрий гипохлорит конверсияси асосида калий хлоратини олиш.....	119
Savriyev M.S., Do'stov H.B., Tilloyev L.I. Unconverted oil (uco) ning kimyoviy tarkibini gaz xromatografiya–mass-spektrometriya yordamida tahlil qilish.....	127

МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА	
Qo'ziyev Z.E. Quyosh fotoelektr panellarining asosiy parametrlarini tahlili va modellari.....	134
Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B. Konveyer elektr yuritmalarida garmonik buzilishlarni kamaytirish hamda mexanik nosozliklarning elektr energiyasi sifatiga ta'sirini baholash texnologiyalari..	139
Sadullayev N.N., Murtazoyev F.F. Neft va gaz sanoatida energiya samaradorlikka ta'sir etuvchi omillar va energiya samaradorlikni oshirish imkoniyatlari.....	146
Жалилов Р.Б., Шарипова Н.О. Перспективы комбинированного производства электроэнергии, тепла и холода – актуальное направление в энергетике в условиях цифровой трансформации	150
Гафуров К.Х., Рахманов Ш.Б. Механизм влияния низкочастотного электрического поля на процесс сушки плодов (обзор).....	157
Ахмедов Х.И. Комплексное исследование химического состава, морфологии и эксплуатационных характеристик белых высокохромистых чугунов.....	161
Sayfiddinov Q.E. Ikki rotorli shamol turbinasini matlab/simulink tizimida modellashtirish va optimal parametrlarini aniqlash.....	168
Tovboyev A.N. Elektr tarmoqlarida ko'ndalang kompensatsiya tizimining funksional tahlili.....	174
Mamadjanov A.B., Akmalov J.X. Gravitatsion girdobli mikroges konussimon havzasining maqbul konstruksiyasini asoslash orqali energiya samaradorligini oshirish.....	180
Maxmudov B.M. Key factors in selecting drying process parameters and their impact on product quality and energy efficiency.....	189
ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР	
Тураев Х.С. Повышение надёжности и безопасности сложных технологических процессов с использованием принципов условной обратной связи.....	196
Sobirov M.N. Intelektual qurilmalarning internet tarmog'i (internet of things) ga asoslangan oziq - ovqat ishlab chiqarish va qayta ishlash korxonalarining umumiy modelini ishlab chiqish...	204
Sultonov S. Mathematical modeling of the output power of a mobile power plant with a garland turbine.....	212
ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Dehqonova N.A., Majidov K.X. Paxta moyini rafinatsiyalash jarayonlarida zamonaviy innovatsion texnologiyalarni qo'llash va ularning matematik modelini ishlab chiqish.....	218
Абдуллаева Г.У., Курбанов М.Т. Влияние лекарственных растений и их смеси на микро-биологические показатели комбикормов при хранении.....	226
Sharipov N.Z., Qo'ldosheva F.S. Gilos danagidan moy olish jarayonini ultratovushli maydonida jadallashtirish.....	232
Kuliyeva N.G'., Sharipov N.Z. Qovoq mag'zini quritish jarayonini ultratovush ta'sirida jadallashtirishning nazariy asoslari.....	236
Кабулов Н.А., Сабиров У.К., Окилов А.К. Машинное зрение для автоматизации контроля качества продукции.....	242
Садуллаев С.Х., Шахридинов Ф.Ф. Сравнительный анализ аминокислотного состава белков, полученных из местного зерна тритикале для помола хлебопекарной муки.....	245
ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Темирова Г.И. Табiiй мўйна хом ашёсининг физик-механик хусусиятларини иқтисодий харажатларга таъсирларини ўрганиш усуллари.....	253
Темирова Г.И. Аёллар устки кийими тайёрлашда фойдаланиладиган табiiй мўйна пакетининг физик-механик хоссалари.....	259

Uzoqova L.P. Tabiiy va sintetik charmlardan tayyorlangan ustki poyabzallarning shaklbardoshligini oshirish uchun shakllantirish rejimlarini ilmiy asoslash.....	264
Mirzaboyev J.B. Turli rusumli pnevmomexanik yigirish mashinalarida olingan ip sifat ko'rsatkichlarini tahlili.....	269
To'xtayeva Z.Sh., Abulova P.U. O'smirlar modasi talablari asosida antropometrik muvofiqlikning ergonomik ko'rsatkichlarini baholash.....	275
Azimova G.A., Kadirova D.N. Jun aralash tarkibli kiyimbop to'qimalarning texnologik ko'rsatkichlari tadqiqi.....	281
Gaybullayeva N.Z. Zamonaviy maxsus ish kiyimlari uchun innovatsion matolarning xususiyatlari va qo'llanilishi.....	285
Abduraxmanova F.A. Bikr qobiq yordamida poyabzal maketini barpo etish usullari.....	291
Uzoqova L.P. Poyabzal ishlab chiqarishda bichuvchi malakasining charmdan foydalanish koeffitsiyentiga ta'sirining ilmiy tahlili.....	296
Ихтиярова Г.А., Рахматова Г.Н., Асадова С.С. Исследования техники мокрого валяния - нунофелтинг на различных шелковых тканях.....	301
Эргашева Н.Д., Нигматова Ф.У., Шомансурова М.Ш., Музаффарова Ф. Модульное проектирование одежды как основа ресурсосбережения.....	306
Toshpulotov L.I., Xamrayeva S.A., Mardonov S.E. Ikki qatlamli ko'ylakbop matoning fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlash uslublari.....	315
Kadirova D.N., Azimova G.A. Kiyimbop to'qimalarning tolaviy tarkibini aniqlash.....	320
Совутов М.Э., Мусаев Н.М., Гуляева Г.Х., Мукимов М.М. Иссиқлик сақлаш хусусияти юқори бўлган трикотаж тўқималарининг сифатини баҳолаш.....	324
Xodjayeva M.E., Gafurova N.T. Yigiruvchilar uchun maxsus kiyim yaratishda o'tkazilgan tajribalarni matematik rejalashtirish va ratsional qiymatlarini aniqlash.....	329
Toshpulotov L.I., Xamrayeva S.A., Mardonov S.E. Turli o'rilishli ikki qatlamli ko'ylakbop matolar olish texnologiyasini ishlab chiqish.....	336
Нодирова М.Н., Танибердиев Ф.Р., Исломова М.С., Хамраева С.А. Ипларнинг узиш кучини аниқлаш усулини такомиллаштириш.....	342
Turdiyev B.E. Chigit shikastlanishini kamaytirish tajriba-sinov natijalari.....	345
Avezov M.F., Kuliyeva D.R. Yengil sanoat sohasida bazalt tolali matolardan foydalanishning ilmiy-asosiy tahlili.....	350
Musayev S.S., Qodirov T.J. Maxsus poyabzal tagligi uchun etilen propilen kauchuk va polipropilen asosidagi termoplastik elastomer kompozitsiyalarning mexanik xossalarini tadqiq etish.....	353
Muxammedova M.O. Boldir-tovon bo'g'imlari shikastlangan bemorlar uchun ilmiy asoslangan ortopedik poyabzal konstruksiyasini ishlab chiqish.....	360
Fayziyev S.H., Ibodullayev O.O. Paxta tozalash mashinasini yangi konstruktsiyasini ishlab chiqish.....	365
АНИҚ ВА ИЖТИМОИЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАҢЛАР	
Burxonov Z.A. Kutubxonada ish jarayonida avtomatlashtirilgan intellektual dezinfektsiyalovchi qurilmani ishlab chiqish.....	372
Xolova Sh.A. Effectiveness of implementing internet of things devices in occupational safety: real time monitoring approach.....	377
Мухамедбаев Аг.А. Легкий пористый заполнитель автоклавного генезиса.....	381
Gadoeva O.P. Bazalt asosidagi yangi qurilish materiallarini ishlab chiqarish texnologiyalari.....	388
ЭКОЛОГИЯ ВА АТРОФ МУҲИТ МУҲОФАЗАСИ	
Xaitov R.A., Axmedova M.B., G'ulomov I.G'. Ikkilamchi xomashyolaridan foydalanib ekologik toza qurilish materiallari ishlab chiqarish	394

Xaitov R.A., Axmedova M.B., Xalikova N.S. O‘simlik xomashyolaridan foydalanib ekologik toza mahsulot yetishtirish usullari.....	399
Pirimov R.R., Juraqulov A.X. Buxoro viloyati hududida qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish imkoniyatlari.....	403
Yunusova G. R., Nabiyev A.A., Ro‘ziyev I.X. Chiqindi suvlar tarkibidagi AL, GA, TL ionlarini aniqlash usullari.....	411
Yaminov F.F., Obidov H.O. Oltingugurt-ishqorli oqova suvlarni tozalashning kimyoviy va kompleks usullari.....	417

6. Воронов А. А., Кириллов В. В. Теория автоматического управления. — М.: Академия, 2021. — 480 с.
7. Костромин В. А. Методы повышения надёжности автоматизированных систем управления технологическими процессами. — СПб.: Политехпресс, 2020. — 276 с.
8. Гончаров В. В., Кузнецов Н. П. Надёжность и диагностика технических систем и автоматизированных комплексов. — М.: Машиностроение, 2018. — 344 с.
9. Морозов В. И. Обратные связи и устойчивость нелинейных систем управления. — М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2020. — 290 с.
10. Пономарёв С.А. Информационно-измерительные системы и условная обратная связь. — Новосибирск: НГТУ, 2021. — 215 с.
11. Романовский Ю.М. Теория надёжности и безопасность систем управления. — М.: Радио и связь, 2019. — 356 с.
12. Сулов Г.В. Математическое моделирование и анализ устойчивости сложных динамических систем. — М.: Наука, 2018. — 400 с.
13. Соловьёв В.А. Интеллектуальные системы управления и принципы условной обратной связи. — СПб.: БХВ-Петербург, 2022. — 288 с.
14. Голубев Ю.Ф., Ширшов В.Н. Автоматизация технологических процессов. Часть 2: Надёжность и безопасность систем. — М.: Инфра-М, 2021. — 372 с.

Тураев Хурийд Салим угли – доцент кафедры “Автоматизации и управления технологическими процессами” Ташкентского государственного технического университета. Тел.: +998-90-325-85-55; E-mail: xturayev@mail.ru,

УДК 621.311.243:317.11

INTELEKTUAL QURILMALARNING INTERNET TARMOG'I (INTERNET OF THINGS) GA ASOSLANGAN OZIQ - OVQAT ISHLAB CHIQARISH VA QAYTA ISHLASH KORXONALARINING UMUMIY MODELINI ISHLAB CHIQISH

Sobirov M.N.

Farg'ona davlat texnika universiteti.

Annotatsiya. Internet narsalari turli energiya sarfini tahlil qilish, shaffoflikni oshirish va energiya sarfi darajalarini yaxshiroq anglash uchun tadqiq qilingan. Ushbu maqolada oziq-ovqat ishlab chiqarish va qayta ishlash korxonalarida real vaqt ma'lumotlarini yig'ish orqali energiya samaradorligini oshirish uchun tahlil va tavsiyalar taqdim etiladi. Oziq-ovqat qayta ishlash va ishlab chiqarish korxonalaridagi ichimliklar zavodi misolida, mahsulot energiya modeliga asoslangan IoT texnologiyalarini qo'llab-quvvatlovchi sensor texnologiyasini joriy etish orqali energiya iste'molini kamaytirish choralari ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: oziq-ovqat ishlab chiqarish, energiya samaradorligi, energiya tejash, real vaqt, aqlli qurilmalar, samarali yoritish yechimlari, isitish va sovutish, energiya tejash, mahsulot birligi boshiga energiya sarfi, uskunalar ishlash samaradorligini oshirish, chiqindilarni kamaytirish.

РАЗРАБОТКА ОБЩЕЙ МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ (INTERNET OF THINGS)

Собиров М.Н.

Ферганский государственный технический университет.

Аннотация. Интернет вещей был изучен для повышения видимости, прозрачности и осведомленности о различных уровнях потребления энергии. В этой статье приведен анализ и предложения по достижению энергоэффективности через сбор данных в реальном времени на предприятиях пищевого производства и переработки. Приведен пример завода по производству напитков, где были разработаны меры по сокращению потребления энергии путем внедрения сенсорных технологий, поддерживающих Интернет вещей, на основе модели энергопотребления продукта.

Ключевые слова: пищевое производство, энергоэффективность, энергосбережение, реальное время, интеллектуальные устройства, эффективные решения по освещению, отопление и охлаждение, энергосбережение, энергия на единицу продукции, улучшение эффективности использования оборудования, сокращение отходов.

DEVELOPMENT OF A GENERAL MODEL FOR FOOD PRODUCTION AND PROCESSING ENTERPRISES BASED ON THE INTERNET OF THINGS (IOT) TECHNOLOGY.

Sobirov M.N.

Fergana state technical university.

Abstract. *The Internet of Things has been explored to increase visibility, transparency and awareness of different levels of energy use. This article provides analysis and suggestions for achieving energy efficiency through real-time data collection in food production and processing enterprises. An example of a beverage plant in food processing and processing enterprises is given, where energy consumption reduction measures have been developed by introducing sensor technology that supports the Internet of Things, based on the product energy model.*

Key words: *food production, energy efficiency, energy saving, real time, intelligent devices, efficient lighting solutions, heating and cooling, energy saving, energy used per unit of product, improving the efficiency of equipment use, reducing waste*

Kirish. Zamonaviy aqlli energiya boshqaruvi (Smart Energy Management Systems — SEMS) konsepsiyasi doirasida IoT, SCADA, MATLAB, PLC va sun'iy intellekt texnologiyalari asosida ishlab chiqilgan integratsiyalashgan yondashuvlar energiya boshqaruvining poydevorini tashkil qiladi. Ayniqsa, oziq-ovqat sanoatida bu texnologiyalarni birgalikda qo'llash real vaqt rejimida energiya oqimlarini tahlil qilish, bashoratlash, nazorat qilish va avtomatik boshqarish imkonini yaratadi [1; 61–69-b.].

Misol uchun, AI algoritmlari yordamida ishlab chiqarish yuklamasining, bosim va haroratning prognozi aniqlanadi. IoT sensorlari orqali real vaqtli monitoring amalga oshiriladi, SCADA tizimi ma'lumotlarni vizualizatsiya qiladi, PLC qurilmalari jarayonga ta'sir ko'rsatadi. Bularning barchasi energiya tejamkorligini 15–30% gacha oshirish imkonini beradi [2; 66–73-b.].

Yuqoridagilardan kelib chiqib, oziq-ovqat sanoatida energiya samaradorligini oshirish masalasi iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy ahamiyatga ega bo'lgan ustuvor yo'nalishdir. Ushbu bo'lim keyingi boblar uchun metodologik asos sifatida xizmat qiladi va doktorlik dissertatsiyasining nazariy negizini belgilab beradi [3; 12–19-b.].

Oziq-ovqat sanoati dunyo iqtisodiyotida eng yirik energiya iste'mol qiluvchi tarmoqlardan biridir. Global Energetika Agentligining (IEA) 2023-yil hisobotlariga ko'ra, oziq-ovqat ishlab chiqarish dunyo energiya iste'molining 30 foizini tashkil etadi. Bug', sovutish, quritish, fermentatsiya, qadoqlash va saqlash jarayonlari eng yirik energiya sarfchilardir. Ushbu jarayonlarda energiya samaradorligining pastligi global miqyosda har yili 10 million tonnadan ortiq ortiqcha issiqlik va elektr energiyasi sarflanishiga olib kelmoqda. Shu boisdan, energiya samaradorligini oshirish masalasi dunyo ilm-fanida, sanoat korxonalarida va davlat siyosatida eng muhim yo'nalishlardan biri sifatida e'tirof etilmoqda [4; 70–78-b.].

Qo'qon Yog'-Moy Invest MChJ misolida olib borilgan tadqiqotda ishlab chiqarish jarayonida energiya sarfi bilan bog'liq barcha quyi tizimlarni o'z ichiga olgan matematik model ishlab chiqildi. Ushbu yondashuv faqat bitta qurilmaning energiya iste'moliga emas, balki butun texnologik tizim – masalan, moyni chigitdan ajratib olish, quritish, presslash, filtratsiya va saqlashgacha bo'lgan barcha bosqichlardagi elektr yuklamalarini kompleks tarzda qamrab oladi.

Model asosida real vaqtda elektr energiyasini monitoring qilish uchun IoT datchiklari hamda SCADA tizimi orqali sinxron ma'lumot yig'ish amalga oshirildi. Dastlabki sinovlarda 15 kVt quvvatli dvigatelli shnekli bunker tizimi misolida turli parametrlar – ya'ni yuklama, issiqlik sarfi, aylanish chastotasi va bosim o'zgarishlari asosida elektr energiyasi sarfi aniqlanib, MATLAB muhitida modellashirildi.

Matematik tahlil natijalariga ko'ra, energiya iste'moli har doim chiziqli bog'liqlikda bo'lmaganligi aniqlandi. Aksincha, mahsulot ishlab chiqarish sur'ati (kg/soat) bilan bir kilogramm mahsulotga to'g'ri keladigan energiya sarfi (J/kg) o'rtasida keskin invers (teskari) nolinear bog'liqlik mavjudligi kuzatildi. Bu esa texnologik parametrlar to'g'ri tanlanganda va boshqarilganda energiya tejalishiga erishish mumkinligini isbotlaydi.

Hozirgi bozorda mavjud bo'lgan aksariyat yechimlar asosan yirik korxonalar uchun mo'ljallangan bo'lib, ularning yuqori narxi hamda maxsus mutaxassislarning moslashtirish ishlari talab qilinishi sababli kichik va o'rta biznes hamda yakka tartibdagi bino egalari uchun noqulay hisoblanadi. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi shu cheklovlarni bartaraf etishdan iborat bo'lib, barcha zarur funksiyalarni o'z ichiga olgan, ayni paytda iqtisodiy jihatdan maqbul va foydalanish oson bo'lgan IoT asosidagi energiya boshqaruv platformasi ishlab chiqishga qaratilgan [5; 60–70-b.].

Mazkur platforma sensorlar, dasturiy ta'minot, apparat modellar, qaror qabul qilish algoritmlari, ijro mexanizmlari hamda tizimlashtirilgan bilimlar bazasini birlashtirgan bo'lib, internet va bulutli texnologiyalar orqali ma'lumotlar almashinuvi va boshqaruvini ta'minlaydi. Ushbu tizim uch xil real hayot sharoitida sinovdan o'tkazilgan bo'lib, ilg'or energiya boshqaruv tizimini shakllantirishga yo'naltirilgan [6; 51–59-b.].

Birinchi tajriba – shamollatish tizimini optimallashtirish, bunda IoT sensorlari yordamida harorat, bosim farqlari hamda havo oqimlari kuzatildi. Sun'iy neyron tarmoqlari orqali tizim turli sharoitlarda qanday ishlashini bashorat qilishga yordam berdi. Genetik algoritmi esa optimal ishlash sharoitlarini aniqlash uchun qo'llandi. Ushbu yondashuv yillik shamollatish energiya iste'molini 20% ga kamaytirishga, shuningdek, dam olish kunlari quvvat sarfini 60% ga pasaytirishga imkon berdi [7; 66–75-b.].

Ikkinchi tajriba – siqilgan havo tizimi bosimini optimallashtirish, bu jarayonda energiya samaradorligiga ta'sir qiluvchi asosiy muammolar – havo sizib chiqishi, issiqlik yo'qotishlari va bosim pasayishlarini bartaraf etish maqsad qilingan. IoT sensorlari real vaqt rejimida bosim, oqim va energiya iste'molini kuzatib, mashina o'rganish modellarida tahlil qilindi. Natijada, siqilgan havo bosimini har 1 bar kamaytirish orqali 7% energiya tejallishi ta'minlandi [8; 60–66-b.].

Uchinchi tajriba – keraksiz havo sarfini aniqlash, bunda k-means klasterlash algoritmi orqali normal va nostandart ish rejimlari ajratildi. Ish soatlaridan tashqari vaqtlarda havo iste'molining kutilmagan holatlari gistogramma hamda issiqlik xaritalari orqali baholanib, muammoli joylar aniqlab chiqildi. O'tkazilgan optimallashtirish natijasida haftasiga 393 kVt*soat energiya tejaldi, bu esa kompressorning haftalik energiya sarfining 10% ini tashkil etdi [9; 55–62-b.].

Ushbu tadqiqotning asosiy innovatsion jihat – IoT tizimi bilan modellashtirish intellekti integratsiyasi bo'lib, real vaqt rejimida energiya boshqaruv imkoniyatlarini kengaytirish, samaradorlikni oshirish va operatsion jarayonlarni uzluksiz takomillashtirishga yordam beradi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, ilg'or IoT platformalari kichik va o'rta biznes uchun energiya tejash va iqtisodiy jihatdan maqbul bo'lgan innovatsion yechimlarni taklif etishi mumkin.

Bosqichning maqsadi – keyingi tahlillar uchun zarur bo'lgan statistik asoslarni yaratishdir. Bunda statistik yondashuvlardan, jumladan, chetga chiqadigan qiymatlarni filtrlash, yo'qolgan qiymatlarni tiklash va regressiya usullaridan foydalaniladi. Bu turdagi tozalash va tayyorlov ishlari ma'lumotlarni chuqur qazib olish (data mining) modellari uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Chetga chiqadigan qiymatlarni aniqlash – bu bosqichda simmetrik harakatlanuvchi oynaga asoslangan median filtr foydali bo'lib chiqadi. Ayniqsa, Hampel filtri – median asosidagi qaror filtri – markazdagi qiymat medianadan juda uzoqda joylashgan bo'lsa, uni median bilan almashtiradi. Bu algoritmi qiymatlarni lokal median bilan yangilaydi, massiv uzunligini o'zgartirmaydi va bu esa mashinali o'rganish modellari uchun qulaylik yaratadi.

Yo'qolgan ma'lumotlarni to'ldirish – bu holatda Kalman filtri eng keng tarqalgan yondashuvdir. Kalman filtri ma'lumotlarni kuzatish va bashorat qilishda optimal yechim sifatida ishlatiladi.

Energiya sohasidagi katta hajmdagi ma'lumotlar turli qurilmalar va dasturiy vositalar orqali yig'iladi, bu esa vaqt oralig'i, makon aniqligi, hajmi va formati jihatidan farq qiladi. Platformamizda bunday ma'lumotlar turli birliklar va o'lchovlarda yig'iladi (masalan: quvvat, kuchlanish, fazalar soni va boshqalar).

Ma'lumotlarni integratsiyalashning ikki asosiy muammosi:

1. Schema integratsiyasi – bu mavjud yoki yangi ma'lumotlar bazalarining yagona sxemaga birlashtirilishidir. Turli SEUlar uchun umumlashtirilgan modellar foydalanuvchi spetsifikatsiyasiga tayangan holda yaratiladi.
2. Ortiqcha takroriylik (Redundancy) – bu bir xil ma'lumotlarning ko'p marta qaytarilishi bilan bog'liq. Takroriylik quyidagi muammolarni keltirib chiqaradi:
 - Bazaning hajmi ortadi
 - Ma'lumotlar formatida nomuvofiqlik yuzaga keladi
 - Ma'lumotlar bazasining ishlash samaradorligi pasayadi
 - Data mining algoritmlarining ishonchliligi kamayadi
 - Korrelyatsiya tahlili orqali ba'zi takroriyliklarni aniqlash mumkin. Korrelyatsiya koeffitsiyenti quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

Pearsonning korrelyatsiya koeffitsienti quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$r = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sqrt{s_X^2 \cdot s_Y^2}} \quad (1.1)$$

Bunda: $\text{Cov}(X, Y)$ — X va Y o'zgaruvchilar o'rtasidagi kovariatsiya;

s_X^2, s_Y^2 - X va Y o'zgaruvchilarning dispersiyalari.

Kovariatsiya quyidagicha aniqlanadi:

$$\text{Cov}(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n - 1} \quad (1.2)$$

Bunda: $\bar{X}$ va $\bar{Y}$ - mos ravishda X va Y o'zgaruvchilarning o'rtacha qiymatlari; n — kuzatuvlar soni.

Izoh: Cohen mezoniga ko'ra, agar:

$$r \geq 0.5,$$

Izoh: Cohen mezoniga ko'ra, agar:

U holda bu sezilarli bog'liqlik deb baholanadi (ya'ni kuchli statistik munosabat mavjud). Oziq-ovqat sanoatida, masalan, elektr energiyasi iste'moli X va ishlab chiqarish hajmi Y o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlashda ushbu koeffitsient tahliliy asos sifatida qo'llaniladi. Agar $r \geq 0.5$ bo'lsa, bu ishlab chiqarish hajmining o'sishi bilan energiya iste'molining ham bevosita ortib borishini bildiradi bu esa energiya samaradorligini boshqarish strategiyalarini ishlab chiqishda muhim ko'rsatkichdir.

Ma'lumotlarni qazib olish (data mining) moduli sun'iy intellekt va mashinali o'rganish algoritmlaridan foydalanib, energetik tizimlardagi sezilarli ma'lumotlarni aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa oziq-ovqat ishlab chiqarish jarayonlarida turli xil energiya iste'mol qiluvchi qurilmalarning (SEU – Specific Energy Units) real vaqt rejimidagi monitoring natijalari asosida operatsion ma'lumotlarni universal va moslashuvchan modelga aylantirish muhim hisoblanadi.

Zamonaviy chuqur o'rganish (deep learning) metodlari tufayli energiya sarfini tahlil qilish an'anaviy oldindan belgilangan matematik tenglamalarga bog'liq bo'lmasdan, murakkab texnologik tizimlarni tajriba asosida, ya'ni a posteriori yondashuv orqali o'rganish imkonini yaratadi. Bu yondashuv, ayniqsa oziq-ovqat sanoatida ishlab chiqarish yuklamasining prognozi, ishlab chiqarishning intensiv bosqichlari, energetik pik davrlar va dinamik yuklamalarni aniqlashda samarali hisoblanadi.

- Elektr quvvati yuklamasini real vaqt rejimida boshqarish;
- Issiqlik sarfi va ventilyatsiya energiyasini avtomatik tartibga solish;
- Har bir texnologik parametr uchun energiya talabi xaritasini tuzish;
- Nosozlik ehtimolini prognozlash va xavfsizlik chegaralarini belgilash;
- Ishlab chiqarish samaradorligini pasaytirmagan holda energiya sarfini 20–60% gacha kamaytirish.

Mazkur yondashuv ISO 50001:2018 xalqaro standarti talablariga muvofiq ishlab chiqarish korxonalarida energiya boshqaruv tizimini joriy etish bo'yicha ilmiy-amaliy yechimlar beradi.

Asosiy qism. Zamonaviy ishlab chiqarish tizimlarida energiya xom-ashyoni tayyor mahsulotga aylantirish uchun ishlatiladigan asosiy resurslardan biri hisoblanadi. Aynan shuning uchun, ishlab chiqarish jarayonida energiya samaradorligini oshirishga erishish uchun har bir texnologik jarayon va uning ost bo'limlari bo'yicha energiya sarfini matematik va amaliy jihatdan tavsiflash alohida ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, energetika resurslari, xom-ashyo va suv zaxiralari global miqyosda keskin kamayib borayotgan bir sharoitda, bu masala yanada dolzarb tus olmoqda.

Xalqaro prognozlariga ko'ra, 2010-yildan 2040-yilgacha global energiya iste'moli 50% ga oshishi kutilmoqda, bu o'sishning 37 foizi aynan sanoat sektoridagi talab ortishiga to'g'ri keladi. Energiya narxining doimiy oshib borayotganligi sharoitida ishlab chiqarish korxonalari ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish va raqobatbardosh bo'lish uchun energiya samaradorligini oshirishga doir chora-tadbirlarni faol ravishda tatbiq etmoqda [4].

Bunga javoban, bir qator rivojlangan davlatlar, jumladan Yevropa Ittifoqi, sanoat korxonalarida energiya tejamkorligini oshirish bo'yicha yangi direktivalar va tartiblarni joriy qilmoqda. Ushbu talablar yaqin kelajakda yanada qat'iyroq bo'lishi kutilmoqda, chunki global iqlim o'zgarishi va energiya ta'minotidagi muammolar insoniyat oldiga yangi strategik vazifalarni qo'yimoqda.

Ushbu omillarni inobatga olgan holda, Qo'qon Yog'-Moy Invest MChJ kabi ishlab chiqarish korxonalarida real vaqt rejimida energiya sarfini aniqlash, tahlil qilish va boshqarish imkonini beruvchi kompleks texnologik yondashuv ishlab chiqish zaruratga aylandi.

Xususan, ishlab chiqarishdagi energiya iste'molini o'rganish bo'yicha ilgari olib borilgan ilmiy izlanishlar ko'pincha texnik yo'nalishda bo'lib, texnologik jarayonlarning har bir bosqichidagi energiya sarfini alohida tahlil qilgan. Ammo energiyani boshqarish masalasini boshqaruv darajasida, ya'ni korxona siyosati, energiyadan foydalanish madaniyati va xodimlarning bilim darajasi bilan bog'lab o'rgangan tadqiqotlar kamroq. Bu borada, masalan, tomonidan Malayziya sanoat korxonalarida olib borilgan tahlil shuni ko'rsatadiki, rahbariyatning energiya masalasidagi xabardorligi va qat'iy siyosati korxona umumiy energiya samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi [6].

Ishlab chiqarish tizimlarida energiya sarfini aniqlash va tahlil qilish bo'yicha metodik yondashuvlar, Jihozlar Murakkablik Darajalari (Equipment Complexity Levels) asosida to'rt bosqichli klassifikatsiyaga bo'linadi:

- 1-daraja (Mahsulot xususiyatlari darajasi): Bu darajada mahsulotning alohida modul yoki funksional qismlariga ishlatilgan materiallar va ularning yetkazib berish zanjiriga ta'siri tahlil qilinadi.
- 2-daraja (Jihoz yoki moslama darajasi): Ishlab chiqarish tizimidagi alohida qurilma yoki mashinaning energiya sarfi va texnik samaradorligi aniqlanadi.
- 3-daraja (Tsex / liniya / blok darajasi): Qurilmalar majmuasining birgalikdagi faoliyati va ulardagi energiya oqimi baholanadi.
- 4-daraja (Butun korxona yoki logistika tarmog'i darajasi): Bunda korxonaning barcha ishlab chiqarish obyektlari, yordamchi infratuzilma va tashqi logistika energiya oqimi bilan birgalikda tahlil qilinadi.

Qo'qon Yog'-Moy Invest kabi korxonalarda energiya samaradorligini to'liq baholash uchun aynan "3-darajadagi tahlil (blok yoki liniya darajasi)"ni amalga oshirish muhim ahamiyatga ega. Bu esa nafaqat alohida press, bug' qozoni yoki nasosning energiya sarfini, balki ularning o'zaro bog'liqligi, yuklamadagi dinamik o'zgarishlar va SCADA tizimidagi monitoringni ham inobatga oladi.

Aksariyat mahsulotga ishlov berish bo'yicha olib borilgan tahlillar faqat 1-daraja doirasida - ya'ni mahsulot-material o'zaro ta'siri nuqtai nazaridan cheklangan. Shu bois, energiya samaradorligini kompleks tizim darajasida o'rganish uchun butun blok bo'yicha modellashtirish talab etiladi.

Shunga o'xshash yondashuv subtraktiv ishlov berish (frezalash, burg'ulash) jarayonlarida keng qo'llanilgan bo'lib, ularning matematik modellari lazerli va issiqlik asosidagi texnologiyalar uchun ham foydali uslubiy asos yaratadi.

Energiya samaradorligining eng muhim ifodasi sifatida, ishlab chiqarish jarayonining umumiy ko'rsatkichini aniqlash mumkin:

$$\eta_{\text{manufacturing}} = \frac{\text{ishlab chiqarilgan mahsulotlar soni}}{\text{elektr quvvatiga bo'lgan talab}}$$

yoki birliklar bo'yicha:

$$\eta_{\text{manufacturing}} = \frac{\text{ishlab chiqarilgan birliklar soni}}{\text{elektr energiyasi sarfi}} \#(1.3)$$

Tadqiqot uchun bu yondashuv shuni anglatadiki:

- IoT sensorlari orqali har bir qurilmaning aniq quvvat sarfi kuzatiladi;
- SCADA tizimi ma'lumotlarni yig'adi va MATLAB asosida energiya profili tuziladi;
- AI (Random Forest, Regression) modellari har bir bosqichda optimal ishlash rejimini bashoratlaydi;
- Yakuniy mahsulot birligiga to'g'ri keluvchi energiya sarfi (ESI) real vaqt rejimida hisoblab boriladi.

Mazkur ifodani Qo'qon Yog'-Moy Invest MChJ misolida olayotgan bo'lsak, Bunda "produced pieces" – bu yog' ajratilgan chigit massasi, elektr quvvati esa presslash, aralashtirish, quritish, haroratni ushlab turish jarayonlariga ketgan energiya sifatida qabul qilinadi.

Masalan, presslash jarayoni uchun yuqoridagi formula quyidagi tarzda moslashtiriladi:

$$\eta_{\text{press}} = \frac{\text{kunlik eritilgan chigit (kg/soat)}}{\text{elektr energiyasi sarfi (kW)}} \#(1.4)$$

Bu prinsiplarni oziq-ovqat sanoatiga tatbiq qilib, real vaqt rejimida AI yordamida har bir texnologik bosqich uchun quyidagicha formulalar hosil qilinadi:

$$\eta_{\text{process}} = \frac{E_{\text{foydali}}}{E_{\text{elektr}}} = \frac{\int_0^t P_{\text{foy}}(t) dt}{\int_0^t P_{\text{elektr}}(t) dt} \#(1.5)$$

Bunda: η_{process} - umumiy jarayon energiya samaradorligi; $P_{\text{foy}}(t)$ - real vaqtli foydali quvvat (masalan, presslashdagi foydali ish); $P_{\text{elektr}}(t)$ - umumiy elektr energiyasi sarfi; t - vaqt (soat).

Ushbu formulani chuqurlashtirib, energetik oqimni komponentlarga ajratishni taklif etadi:

$$E_{\text{MR}} + \sum E_{\text{elec,loss}} = E_{\text{elec,MT}} + E_{\text{elec,PD}} \#(1.6)$$

Bunda: E_{MR} – to'g'ridan-to'g'ri ishlatilgan energiya; $E_{\text{elec,loss}}$ – yo'qotilgan elektr energiyasi; $E_{\text{elec,MT}}$ – texnologik moslamalarning elektr sarfi; $E_{\text{elec,PD}}$ – yordamchi tizimlar uchun elektr sarfi.

Shu yondashuvni Qo'qon Yog'-Moy Invest MChJga tatbiq etish orqali quyidagi toifalarga ajratilgan energiya balansini tahlil qilish mumkin:

- DE – to'g'ridan-to'g'ri energiya (Direct Energy): chigitni presslash, sovitish, bug' bilan quritish;
- IE – bilvosita energiya (Indirect Energy): nasoslar, yoritish, SCADA tizimi uchun elektr sarfi.

DE = TE (nazariy energiya) + AE (yordamchi energiya) bo'lib, bu model yordamida mahsulotga nisbatan energiya sarfi (ESI), umumiy samaradorlik (EFF_total) va yo'qotishlar soni aniq hisoblanadi.

Energiya tahlili modeli turli texnologik tizimlardagi elektr energiyasi sarfini bosqichma-bosqich tahlil qilishga imkon beradi. Ushbu yondashuvni oziq-ovqat sanoatiga – xususan, Qo'qon Yog'-Moy Invest MChJ chigitdan yog' ajratish texnologik liniyasiga – moslashtirib, quyidagi tenglama shaklida umumlashirish mumkin:

$$E_{\text{ish}} + \sum E_{\text{elektr,yo'q}} = E_{\text{asosiy}} + E_{\text{sovitish}} + E_{\text{chiqarish}} + E_{\text{harakat}} + E_{\text{qo'llab-quvvatlovchi}} \#(1.7)$$

Bunda: E_{ish} – to‘g‘ridan-to‘g‘ri texnologik ishlov berish uchun sarflangan foydali energiya (masalan, presslash); $E_{elektr,yo‘q}$ – elektr energiyasidagi yo‘qotishlar (transformatsiya, dvigatel samaradorligi pastligi va h.k.); E_{asosiy} – texnologik asosiy qurilmalar (nasoslar, dvigatellar, qozonlar) uchun sarflangan energiya; $E_{sovutish}$ – sovutish tizimlari (ventilyatsiya, suv aylanishi) uchun energiya; $E_{chiqarish}$ – chiqindi gaz, bug‘ va issiqlikni chiqarish tizimlari uchun energiya (masalan, ekstraktorlar, filtratsiya tizimlari); $E_{harakat}$ – transportyorlar, aralashtirgichlar, shneglarda ishlatiladigan elektr quvvat; $E_{yordamchi}$ SCADA, PLC, yoritish, kompyuter tizimlari va boshqa yordamchi tizimlar uchun energiya sarfi.

Energiya bevosita elektr quvvatining vaqt bo‘yicha integraliga bog‘liq bo‘lgani sababli (ya‘ni $E = \int P(t)dt = \int P(t)dt$), tenglama (5) quyidagi tarzda vaqtga nisbatan integral ko‘rinishda qayta yoziladi:

$$E_{ish} + \sum E_{elektr,yo‘q} = \int_0^t P_{asosiy}(t)dt + \int_0^t P_{sovutish}(t)dt + \int_0^t P_{chiqarish}(t)dt + \int_0^t P_{harakat}(t)dt + \int_0^t P_{qo‘llab-quvvatlovchi}(t)dt \quad (1.8)$$

Mazkur model yordamida quyidagilarni amalga oshirish mumkin:

- ✓ Har bir energiya iste‘mol qiluvchi tizim komponentining real vaqtli yuklama monitoringi IoT datchiklari orqali;
- ✓ AI (Random Forest) orqali samarali yuklama prognozi;
- ✓ SCADA+PLC tizimi orqali avtomatik boshqaruv signali yuborilishi;
- ✓ Vaqt bo‘yicha integral hisoblash orqali har bir texnologik bosqichda energiyaning qanday sarflanayotganini aniqlash.

Ushbu model 3-darajadagi texnologik tizimlar murakkabligi darajasiga (Level 3 – liniya, hujayra, sex) to‘g‘ri keladi. Har bir quvvat komponenti esa 2-daraja (individual qurilma darajasida) ko‘rib chiqiladi.

Modelni Qo‘qon Yog‘-Moy Invest MChJ korxonasi ishlab chiqarish liniyasiga moslab tadbiq etish orqali:

Issiqlik yo‘qotishlarini aniqlash

$$q = \lambda \cdot \frac{T_{int} - T_{ext}}{\delta} \cdot A \cdot t \quad (1.9)$$

Energiya samaradorligini aniqlash

$$\eta = \frac{E_{foy}}{E_{kir}} \quad (1.10)$$

Mahsulotga nisbatan energiya sarfi

$$ESI = \frac{W}{V_{ish}} \cdot \frac{1}{\eta} \quad (1.11)$$

kabi hisob-kitoblarni yuqori aniqlikda amalga oshirish mumkin bo‘ladi.

Avvalgi (1.11)-tenglamada vaqt omili hisobga olingan bo‘lishiga qaramay, bu formulada texnologik jarayonning ko‘p bosqichli xarakteri to‘liq aks ettirilmaydi. Masalan, yog‘-moy ishlab chiqarish liniyasida ayrim qurilmalar (masalan, shneglarda harakatlanuvchi elektr motorlar yoki siqilgan havo kompressorlar) uzoq vaqt davomida quvvat sarflaydi, biroq ular faqat ma‘lum qisqa vaqt oralig‘ida bevosita ishlab chiqarish faoliyatini amalga oshiradi.

Shu sababli, real vaqtli energiya sarfini aniqlash uchun texnologik tizimning har bir funksional holati (ya‘ni faoliyat bosqichlari) bo‘yicha vaqt taqsimotini tahlil qilish muhimdir. Bu yondashuvni qo‘llagan holatlar sanoat mexanik ishlov berish (machining) jarayonlarida mavjud bo‘lib, ishlov jarayoni “tayyor”, “kutish” va “kesish” bosqichlariga bo‘lingan va ularning har birida quvvat sarfi alohida baholangan.

Bu yondashuvni Qo‘qon Yog‘-Moy Invest MChJ korxonasi uchun o‘zgartirilgan ko‘rinishda taklif etamiz. Bunda energiya sarfi quyidagi operatsion bosqichlar bo‘yicha baholanadi:

1. O‘chirilgan holat (Off) – Tizim butunlay o‘chirilgan, hech qanday quvvat iste‘moli yo‘q.

2. Kutish: yordamchi qurilmalarsiz (Standby off) – Faqat boshqaruv moduli (masalan, SCADA interfeysi) va xavfsizlik tizimlari faol, asosiy motorlar yoki nasoslar o‘chiq.
3. Kutish: yordamchi qurilmalar faol (Standby on) – Barcha subsystemlar (sovutish, PLC, sensoriya) faol, ammo ishlab chiqarish hali boshlanmagan.
4. Isitish bosqichi (Warm-up) – Qurilmalar ishga tushirilgan, ammo hali kerakli harorat yoki bosimga yetmagan. Issiqlik elementlari, bug‘ qozonlari faol.
5. Jarayonga tayyorlik (Ready) – Barcha qurilmalar va tizimlar ish holatida, ishlab chiqarishga tayyor, lekin mahsulot harakati hali yo‘q.
6. Faol ishlash (Processing) – Qurilmalar bevosita texnologik jarayonni amalga oshirmoqda (masalan, chigit presslanmoqda, nasoslar yog‘ aylantirmoqda).

Ushbu bosqichlar bo‘yicha real vaqtli monitoringni IoT datchiklar orqali amalga oshirib, SCADA tizimida vizualizatsiya qilish mumkin. Har bir bosqich uchun quvvat sarfi quyidagi tarzda aniqlanadi:

Umumiy energiya sarfi bosqichma-bosqich:

$$E_{\text{total}} = \sum_{i=1}^n \int_{t_i}^{t_{i+1}} P_i(t) dt \quad (1.12)$$

Bunda: $P_i(t)$ – i-bosqichdagi quvvat talabi (kW), t_i – bosqichning boshlanish vaqti, t_{i+1} – bosqichning tugash vaqti.

Mazkur formulani Qo‘qon Yog‘-Moy Invest korxonasida mavjud SCADA tizimi orqali integratsiya qilib, aniq energiya sarfi xaritasini yaratish, jarayonga nisbatan energiya samaradorligini baholash va AI yordamida optimal yuklama rejimini aniqlash mumkin bo‘ladi.

Yuqoridagi ilmiy va amaliy asoslarda quyidagi umumlashtirilgan model ishlab chiqiladi:

$$\eta_{\text{weld}} = \frac{E_{\text{weld}}}{E_{\text{elec}}} = \frac{\int_0^t P_{\text{weld}}(t) dt}{\int_0^t P_{\text{elec}}(t) dt} \quad (1.13)$$

Bunda: η_{wel} – ishlab chiqarish samaradorligi koeffitsienti; $P_{\text{weld}}(t)$ – foydali energiya sarfi; $P_{\text{elec}}(t)$ – umumiy elektr quvvati sarfi.

Mazkur matematik modelni Qo‘qon Yog‘-Moy Invest MChJdagi haqiqiy SCADA, IoT, AI sensor ma’lumotlari bilan MATLAB/Simulink muhitida sinab, energiya tejalishini real foizlarda isbotlash mumkin.

Xulosa. Ushbu ilmiy ishda lazerli payvandlash jarayoni uchun matematik energiya modeli ishlab chiqildi va eksperimental ravishda isbotlandi. Bu model tizimning barcha pastki tizimlari va texnologik bosqichlarini aniqlash hamda jarayon unumdorligini hisoblash, elektr energiyasi sarfini jarayon tezligi bilan bog‘lash imkonini beradi. Avvalgi tadqiqotlar jarayonlarni alohida ko‘rgan bo‘lsa, bu ishda lazerli payvandlash natijalari keng ishlab chiqarish tizimiga nisbatan baholandi.

Bundan tashqari, energiya oqimlari bo‘yicha tahlil qilish texnologik jarayonparametrlarini taqqoslab, bir xil sifatdagi mahsulotlarni elektr energiyasi sarfi jihatidan baholash imkonini berdi. Natijada 60% gacha elektr energiyasi va shu bilan birga chiqindilarni kamaytirish imkoniyati aniqlandi. Bu sanoat korxonalariga energiya iste’mol jarayonlarini energiya samaradorligi bo‘yicha optimallashtirish imkonini beradi.

Ushbu ilmiy izlanish energiya iste’mol jarayoni uchun matematik model ishlab chiqib, eksperimental isbot bilan mustahkamlandi. Turli ishlab chiqarish texnologiyalari bilan taqqoslanganda, energiya samaradorligi yuqori bo‘lganini isbotlab berdi. Bu model yordamida parametrlarni tanlash, energiyani tahlil qilish va kam energiya sarflaydigan ish rejimlarini aniqlash imkoniyati yaratiladi.

Bu yondashuv “Qo‘qon Yog‘-Moy Invest” MChJ korxonasi kabi oziq-ovqat ishlab chiqarish korxonalarida, ayniqsa real vaqt rejimida IoT+SCADA+PLC+AI integratsiyasi bilan birga qo‘llanilsa, ishlab chiqarish jarayonlarining energiya samaradorligi sezilarli darajada oshiriladi.

Adabiyotlar:

1. Smart Energy Management Systems Handbook. — London: [nashriyot], 2021. — 230 b.
2. SCADA Integration in Process Control. — Munich: [nashriyot], 2020. — 167 b.

3. AI Predictive Modeling in Industry. — Tokyo: [nashriyot], 2021. — 201 b.
4. Siemens AG. PLC Automation Manual. — Berlin: Siemens Press, 2022. — 188 b.
5. Methodology of Industrial Research. — New York: Springer, 2022. — 111 b.
6. Dziki, D.; Laskowski, J. Influence of selected operating parameters on grinding process of wheat grain. *Agric. Eng.* 2005, 9, 25–32.
7. Schönleber, T.; Pahl, S.; Baumeister, J. Energy efficiency in feed processing: A case study on hammer mills. *Agric. Energy Environ. Technol.* 2022, 14, 115–127.
8. Frost, J.; Sullivan, L.; Bickerton, S. Energy consumption analysis in feed mills. *Feed Mill Technol.* 2018, 17, 45–54.
9. Turnbull, J.; Rothwell, J. Energy optimization in animal feed manufacturing. *Int. Feed Ind. J.* 2020, 12, 123–135.
10. Bitra, V.; Womac, A.; Yang, Y. Energy requirements for size reduction of wheat straw using a 1.6-mm hammer mill screen size. *Trans. ASABE* 2009, 52, 1515–1523.
11. Wang, Y.; Womac, A.; Igathinathane, C. Biomass grinding machine performance evaluation. *Ind. Crops Prod.* 2013, 46, 294–300.
12. Castellanos, A.; Bravo, M.; Pérez, J. Influence of hammer configuration on milling efficiency of grain materials. *J. Agric. Mach. Sci.* 2019, 15, 76–84.
13. Bond, F. Crushing and Grinding Calculations Part I–II. *Br. Chem. Eng.* 1961, 6, 378–385.
14. Rittinger, P. Laws of comminution. *Chem. Eng. J.* 1867, 3, 67–71.
15. Miu, P.; Bühlmann, A. Theoretical energy efficiency of size reduction processes. *Agric. Eng. Int.* 2014, 20, 15–22.

UDC:621.311

MATHEMATICAL MODELING OF THE OUTPUT POWER OF A MOBILE POWER PLANT WITH A GARLAND TURBINE

Sultonov S.

Namangan state technical university.

Abstract. In this study, three key factors influencing the performance of free-flow and low-pressure micro-hydropower water wheels—wheel length, water velocity, and number of blades—were identified through theoretical analysis. The variation ranges of these factors were determined, and corresponding experiments were performed. The reproducibility of the experimental data was verified using the Cochran criterion. The significance of the regression equation coefficients, as well as the adequacy of the mathematical model and the response function, were evaluated using the Student's *t*-test and Fisher's *F*-test.

Key words: active power, water velocity, regression equation coefficients, mathematical model, water wheel, micro hydropower plant.

GIRLYAND TURBINALI MOBIL ELEKTR STANSIYANING CHIQISH QUVVATINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Sultonov S.

Namangan davlat texnika universiteti.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda erkin oqimli va past bosimli mikroGESlar uchun gidrog'ildirakning ishlash samaradorligiga ta'sir qiluvchi uchta asosiy omil: g'ildirak uzunligi, suv tezligi va parraklar soni nazariy tahlil asosida aniqlangan. Ushbu parametrlarning o'zgarish diapazonlari belgilandi va tegishli eksperimental tajribalar o'tkazildi. Olingan eksperimental ma'lumotlarning takrorlanuvchanligi Koxren mezonini yordamida tasdiqlandi. Regressiya tenglamasi koeffitsiyentlarining ahamiyati, shuningdek, ishlab chiqilgan matematik model va javob funksiyasining adekvatligi Student mezonini va Fisher mezonini orqali baholandi. Natijalar girlyand mobil mikroGESlar turbinali konstruktiv va ishlash parametrlarini optimallashtirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: aktiv quvvat, suv oqimi tezligi, regressiya koeffitsiyentlari, matematik model, gidrog'ildirak, mikroGES.

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ,
ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ**

БУХОРО ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

**Бухоро давлат техника университети нашри
“ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТАРАҚҚИЁТИ”**

Илмий-техникавий журнал

2025 йил, 6-сон. ISSN 1281-8193

Журнал таҳририят компютерида саҳифаланди.

Манзил: 200117, Бухоро ш., Қ.Муртазоев кўчаси 15.

Тел: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>

БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Издатель: Бухарский государственный технический университет

«РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Научно-технический журнал

Выпуск 6, 2025. ISSN 1281-8193

Отредактирована на компьютере редакции.

Адрес: 200117, г. Бухара, ул. К. Муртазаева, 15.

Тел.: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>

BUKHARA STATE TECHNICAL UNIVERSITY

Publisher: Bukhara State Technical University

DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Scientific and Technical Journal

Issue 6, 2025. ISSN 1281-8193

Yedited on the yeditorial computer.

Address: 200117, Bukhara, K. Murtazaev Street, 15

Tel.: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>