



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



4
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.Қ. – иқтисод фанлари доктори (DSc) (ТКТИ)

МУХТАРОВ Н.Ш. – техника фанлари доктори (DSc) (“Ўзбекнефтгаз” АЖ)

ТУХСАНОВ Х.А. – иқтисод фанлари доктори (DSc) (“Ўзбекнефтгаз” АЖ)

МАДИЕВ Р.Х. – техника фанлари доктори (DSc) (“Шуртан ГКМ” МЧЖ)

АДИЗОВ Б.З. – техника фанлари доктори (DSc), к.и.х., ЎзРФА УНКИ

ХУРМАМАТОВ А.М. – техника фанлари доктори, профессор, ЎзРФА УНКИ

СОБИРОВА Н.К. – филология фанлари номзоди, доцент, ЎЗМУ

ҒАФУРОВ Д.О. – Бухоро ДТУ ёшлар масалалари ва маънавий- маърифий ишлар бўйича биринчи проректори ф.ф.д (PhD)

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

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

ШАРИПОВ М.З. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

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

НИЗОМОВ А.Б. – иқтисод фанлари доктори, профессор

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

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

ЖЎРАЕВА М.М. – филология фанлари доктори (DSc), профессор

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

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

ХАЙИТОВ Р.Р. – техника фанлари доктори (DSc), к.и.х.

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. – кимё фанлари номзоди, профессор

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

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

Бош муҳаррир:

ДЎСТОВ Ҳ.Б. – кимё фанлари доктори, профессор

Муҳаррирлар:

БАРАКАЕВА Д.Ф., ОРТИҚОВА С.Ж., ИСТАМОВА Г.Х.

Мусахҳиҳ:

АРТИКОВА М.М.

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 нашрлар рўйхатига киритилган. 2019 йилда Ўзбекистон Республикаси ОАК Раёсатининг қарорлари билан қайта рўйхатдан ўтказилган.

Тахририят манзили:

200100, 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

<https://journal.bmti.uz/>

сайти орқали танишиши 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	
Беккулов Ж.Ш., Тураев О.А. Математическое и имитационное моделирование усовершенствованной системы виртуального анализа и контроля качества готовой продукции в технологическом процессе сушки хлорида калия.....	4
Imomov Sh.J., Komilov O.S., Shodiyev E.B., Majitov J.A., Ziyoyev D.A. Biogaz qurilmasining issiqlik-texnik va geometrik parametrlarini asoslash.....	10
Ахмедов Ю., Мурадов Ш.М., Хабибов Ф.Ю. Основные свойства функции текучести оболочек предельного равновесия.....	16
Bafoyev D.X. Yeyilishga chidamli qattiq qoplamalarni qo‘llash asosida sirpanishdagi ishqalanish sirtlarini ishlov berish texnologiyasi.....	22
Бердиев Д.М., Константинов В.М., Юсупов А.А., Сайдумаров Б.М. Влияние структуры доэвтектидных конструкционных сталей при различных режимах термоциклической обработки.....	30
Уринов Ж.Р., Абдуллаев Р.С. Динамическая прочность неавтоклавногo газозолобетона.....	35
Худойбердиев А. Биогаз қурилмаси параметрларини оптималлаштиришда асосий кўрсаткичлар тахлили.....	39
Ахмедов Ю., Мурадов Ш. Конструктивные особенности плит перекрытий в зданиях, возводимых методам подъёма.....	47
КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Baxshilloev N.K., Umirov F.E., Maxmudov R.A. Natriy xlorid, kaliy xlorid, magniy sulfatlarga boy bo‘lgan tuzlar tarkibini tadqiq qilish.....	52
Bokiyeva Sh.K. O‘simlik chiqindilari asosida olingan uglerodli adsorbentlar.....	56
Maxmudov M.J., Svaykosov S.O., Saloydinov A.A. Benzol saqlagan benzin fraksiyalarini gidroizomerizatsiyalash jarayonlari texnologiyalari va ularda qo‘llaniluvchi katalizatorlarni tadqiq qilish.....	60
Sadullayev N.N., Murtazoyev F.F. Sanoatda tabiiy gazni qazib olish va uni qayta ishlashda energiya samaradorlikni oshirishning imkoniyatlari.....	67
Ziyadullayev O.E., Saliyeva M.K. SnCl ₂ ·2H ₂ O/Et ₃ N/Et ₂ O katalitik sistemasi ishtirokida atsetilen spirtlari sintezi.....	70
Umarov A.A., Ochilov A.A. Gazlarni haydovchi kompressor agregatlaridan foydalanishning tahliliy tamoyillari.....	79
Xolmuxammadiyev A.M., Toshev Sh.O. Burg‘ilash eritmalari uchun mahalliy xomashyolar asosida ishlab chiqiladigan kimyoviy reagentlarning fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq qilish.....	85
Nuriddinova G.A., Niyazov L.N. Anilin va gidrooksibenzoy kislotalar asosida birikmalar sintezi istiqbollari.....	90
Usmanova M.M. Noorganik matritsalar asosida ionitlarning olinish usullari va ularning xossalari.....	93
Oripov A.A. Silvinit rudasidan kaliy xlorid ishlab chiqarish jarayonida ajralib chiqadigan shlam chiqindisidan foydalanishning ilmiy asoslari.....	98
G‘aybullayeva A.F., Mavlonov Sh.B., Mavlonov B.A., Saidov A.A. Rezina asosli elastomerlar bilan modifikatsiyalangan polimer-bitum kompozitsiyalarining fizik-mexanik xossalari va morfologik tahlili.....	102
Хакимов К.Ж., Ражабов Ш.Х. Сырья характеристика и основных технологических материалов хандизинского месторождения.....	110
Мухсинов С.С., Тожиев О.О., Зоирова А.И. Влияние выбора гидродинамической модели на прогноз добычи из трещиновато-поровых пластов.....	120

Ibragimov Sh.R., Sharipov N.Z. Suyuq shishadan natriy silikat pentagidrat ishlab chiqarish qurilmasini muhandislik hisobi	125
Мухсинов С.С. Применение искусственного интеллекта в прогнозировании показателей разработки газового месторождения.....	130
МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА	
Maxmudov M. I., Timirov X.N. Kompressor stansiyalarini turli xil zamonaviy boshqarish usuli orqali energiya samaradorligini baholash.....	137
Xamroyev X.X., Isamov P.N., Savriyev Y.S. Metall keshish dastgohlarini oʻrnatish bilan bogʻliq yuzaga keladigan deformatsiyalar va ularni bartaraf etish usullari.....	142
Хошимов Ф.А., Кадиров К.Ш., Қарақулов Ш.Ю., Юсупалиева Х.У. Энергия самарадорлигини оширишда технологик жиҳозлар иш режимларининг ўрни.....	146
Садуллаев Н.Н., Нематов Ш.Н. Ўзбекистонда “яшил” энергиядан фойдаланиш самарадорлигини аниқлашдаги муаммолар ва унинг ечимлари.....	153
Tovboyev A.N., Togʻayev I.B. Konveyer tizimlarida elektr energiyasi samaradorligini oshirishning kompleks yondashuvlarini tahlil qilish.....	158
Usmonov Sh.Y., Sobirov M.N. Energiya samaradorligini oshirish maqsadida texnologik parametrlarni optimallashtirish: yogʻ-moy ishlab chiqarishda tizimli yondashuv.....	163
ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР	
Savriyev Y.S., Azizov B.A., Xamroyev X.X. Improvement and mathematical modeling of the pressing process of oilseed fuza of cotton black oil.....	172
Hasanova D.B. Sogʻliqni saqlash sohasini raqamlashtirish istiqbollari.....	181
Murodova M.H. Muhandislik va kompyuter grafikasini oʻqitish xususiyatlari.....	186
Хабибов. Ф.Ю, Ахмедов Ю, Рамазонов А.Ч, Юсупов Ф.Ф. Автоматическая аппроксимация модели поверхности окончательной дистиллизации мисцелы растительного масла.....	189
ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Ganiyeva M.Oʻ., Djurayeva N.R. Amarant donining ozuqaviy va terapevtik potentsiali.....	193
Xaydarov Sh.X., Tairov B.B. “Oʻynoqi muskat” shampun vinosining yarim tayyor mahsulotini tayyorlash	133
Barakayev N.R., Kamolova M.X. Mahalliy oʻsimliklar tarkibidagi uglevodlarni innovatsion usullar bilan ajratish laboratoriya qurilmasi.....	203
Dehqonova N.A., Majidov K.X. Oʻsimlik moylarini ishqoriy rafinatsiyalashda elektromagnit faollashtirish taʼsirining xususiyatlarini oʻrganish.....	206
Рахмонов К.С. Применение пряно-ароматического сырья для повышения потребительской ценности ржаных сортов хлеба.....	209
Олтиев А.Т., Бозорова Д.Н. Совершенствование технологии переэтерификации жиров с использованием биокатализаторов нового поколения.....	216
ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Vafayeva Z.S., Bozorova F.M. Tikuv mashinasiga tavsiya etilgan tarkibli moki gʻaltagida ip oʻramlar sonini uning burchak tezligiga taʼsirini tadqiq qilish.....	219
Хужаева М.Э., Гафурова Н.Т., Выбор и обоснование ткани для создания комплекта специальной одежды для прядильщиков.....	222
Rajabov A.I., Nodirova M.N. Yarim dagʻal qoʻy jun tolasini maxsus qurulma asosida shatish usullari.....	227

Пардаев Б.Ч., Абидова А.Р., Росулов Р.Х., Каримова Г.Т. Пахтани майда ифлосликлардан тозалашда такомиллаштирилган козиқли барабанларда пахта массасининг оқимини назарий тахлили.....	234
Қўшимов А.А., Муродов Р.М., Шодмонкулов А.М., Сайиткулов С.О., Салимов Ш.Х. Пневмотранспортлар ва уларда пахтани стационар узатиш конструкциясини тахлили.....	239
Ражабов А.И., Нодирова М.Н. Махаллий жун толасидан ишлаб чиқариладиган ип ҳажмини кўпайтириш ва сифатини ошириш.....	244
Хамроева М.Ф., Muxamedjanova S.F., Tuychiyev T.O., Xudayarova F.O. Turli kombinatsiyada joylashgan takomillashtirilgan qoziqchali plankali barabanlarning tahlili	247
Bozorova F.M., Vafoyeva Z.S. Tavsiya etilgan tepki uzelineing to'liq faktorli rejalash usuli bo'yicha rezina amortizatorli tishli reyka-tepki tizimini o'rganish.....	253
Мухамеджанова С.Ф., Хамроева М.Ф., Туйчиев Т.О., Худаярова Ф.О. Колосникли панжара ва аррачали барабан оралиқ масофасининг тозалаш жараёнига таъсири.....	258
Saparov M.K., Ro'zmetov R.I., Tuychiyev T.O., Axmedov M.X. Kolosnik qirrası bilan baraban arra tishlari uchlari orasidagi masofani tozalash jarayoniga ta'siri.....	263
Hamroyeva M.F, Muxamedjanova S.F, Tuychiev T.O., Sayfullayev S.S., Xudayarova F.O. Turli kombinatsiyada joylashgan takomillashtirilgan qoziqchali plankali barabanlarning tahlili.	268
Ortiqova K.I., Umarov A.A. xorijiy va mahalliy linter mashinalarining taqqosiy tahlili.....	275
Мусаев С.С., Аслонов А.М. Исследование устойчивости полимерных подошв специальной обуви для работников агропромышленных кластеров к воздействию масел, различных растворителей и старению.....	278
Saparov M.K., Ro'zmetov R.I., Tuychiyev T.O. Kolosnikli panjara o'lchamlarining tozalash jarayoniga ta'siri.....	286
Sayidova M.H. Quyosh batareyalarini maxsus kiyimda qo'llashning nazariy asoslari.....	291
Barakayeva D.F., Gafurova N.T. Energetiklar uchun maxsus ish kiyim yaratishda zamonaviy estetik va xavfsizlik talablarni shakllantirish	295
Худайбердиев М.Р., Очилов Т.А., Хамроева С.А., Нурбоев Р.Х. Тола таркиби турлича бўлган костюмбоп матоларнинг механик хоссаларини тадқиқоти ва тахлили.....	300
АНИҚ ВА ИЖТИМОЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР	
Казакова Д.Г. Проблемы перевода терминов и их решения	305
Авлякулова Ш.Б. Аппроксимация орнаментов резьбы по дереву кубическими сплайнами.....	308
Hikmatov N.I. Zamonaviy qurilishda energiya tejankor va samarador texnologiyalardan foydalanish.....	314
Xaitov B.U., Avlyakulova Sh.B. CAM tizimlarida geometrik modelashtirish asoslari.....	318
Рабиев Ғ.Б. Юртимизнинг шаҳар-қишлоқларида автотураргоҳлар ташкил этишнинг долзарб масалалари.....	323
Sadirov S.S. Buxoro viloyatida investitsiyaviy muhitni tahlil qilish: mavjud holat va istiqbollar..	326
Sharipov A.A. Kasbiy ta'lim tashkilotlarida o'quvchilarni amaliyotga yo'naltirishning pedagogik shart-sharoitlari.....	330

gacha samaradorlik yutug'iga erishish mumkinligi isbotlandi. Bu esa konveyer tizimlarining nafaqat ekologik barqarorligini, balki sanoat korxonalarining raqobatbardoshligini oshiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ibodullayev M.I, Tovboyev A.N., Yesenbekov A.K., Nazarov A.I. Avtoparametrik tebranishlarni tahlil qilishda chastota-energiya munosabatlari // «O'zbekiston Konchilik xabarnomasi» ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali.Navoiy, 2017. № 2. 165-167 betlar.
2. Tovboyev A.N., Norqulov A.O., Tog'ayev I.B. Uch fazali ferromagnit elementlarga ega bo'lgan uch fazali zanjirlarda subgarmonik tebranishlarning harakat tenglamasi. Ilm-fan, texnika va texnologiyalar bo'yicha ilg'or tadqiqotlar xalqaro jurnali. Hindiston, IJARSET jildiga mualliflik huquqi. 6, 10-son, 2019 yil oktyabr, 11207-11210 betlar.
3. Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B., Nodirov G'.Y. Statistical analysis of power waste in 6-10 kV tension overhead electrical transmission lines // International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology Vol. 9, Issue 11, November 2022. India, pp. 2-7.
4. Savina N.V., Myasoedov Yu.V. Tarqatish elektr tarmoqlarining ishlashida elektr energiyasini yo'qotish bo'yicha tizimli tadqiqotlar // IrGTU Vestnik. 2012. № 1 (60).142–148 bet.
5. Mavlonov J A., Mardonov D.Sh. “Rudani yanchuvchi tegirmonlarni elektr energiya samaradorligini oshirish usullari” // Konchilik xabarnomasi. Ilmiy texnik va ishlab chiqarish jurnali. Navoiy, 2022. № 3.102-104 bet.
6. Tovboyev A.N., Baynazarov G.G., Jumayev Z.I. Bo'lingan ferromagnit elementga ega bo'lgan uch fazali zanjirlarda uchinchi darajali subarmonik tebranishlarni tahlil qilish. Ilm-fan, texnika va texnologiyalar bo'yicha ilg'or tadqiqotlar xalqaro jurnali. Hindiston, IJARSET mualliflik huquqi. Jild. 6,12-son, 2019 yil dekabr, 12229-12233-betlar.
7. Tovboyev A.N., Ibodullayev M.I., Murodov H.Sh., Narzullayev B.Sh. Yuqori kuchlanishli elektr tarmoq va tizimlarida subgarmonik ferrezonans. «Uzbekiston konchilik xabarnomasi» ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali – Navoi 2020. №4 (83). 110-113 bet
8. Tog'ayev I.B.,Tursunova A.A., Eshmirzayev M.A. Monitoring of overhead power lines. // Problems and scientific solutions.Vol.6, Issue 4, 2022 Australia, Melbourne. 267-271pt.

Tovboyev Akram Nurmonovich-v.b. professor. Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti “Energetika” kafedrasi v.b. professori, Tel.: +998913097172 (c),

Tog'ayev Islom Bekpo'lat o'g'li-assistent. Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti “Elektr energetikasi” kafedrasi assistenti Tel.: +998977966636 (c)

UDK 621.311.243:317.11

ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH MAQSADIDA TEXNOLOGIK PARAMETRLARNI OPTIMALLASHTIRISH: YOG'-MOY ISHLAB CHIQRISHDA TIZIMLI YONDASHUV

Usmonov Sh.Y., Sobirov M.N.

Farg'ona davlat texnika universiteti,

Oziq-ovqat ishlab chiqarishda energiya samaradorligini real vaqt ma'lumotlarini boshqarish orqali oshirish

Annotatsiya. “Internet narsalari” (IoT) konsepti dunyo bo'ylab rivojlangan mamlakatlardagi ishlab chiqarish korxonalarida energiya ma'lumotlarini real vaqt rejimida olish uchun qo'llanilmoqda. 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: energiya samaradorligi, energiya tejash, real vaqt, aqlli qurilmalar, samarali yoritish yechimlari, isitish va sovitish, energiya tejash, mahsulot birligi boshiga energiya sarfi, uskunalar ishlash samaradorligini oshirish, chiqindilarni kamaytirish.

УЛУЧШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ПИЩЕВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ С ПОМОЩЬЮ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Усмонов Ш.Ю. Собиров М.Н.

Ферганский государственный технический университет.

Аннотация. Концепция "Интернета вещей" (IoT) используется на производственных предприятиях развитых стран для получения данных о потреблении энергии в реальном времени. 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: энергоэффективность, энергосбережение, реальное время, интеллектуальные устройства, эффективные решения по освещению, отопление и охлаждение, энергосбережение, энергия на единицу продукции, улучшение эффективности использования оборудования, сокращение отходов.

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY IN FOOD PRODUCTION WITH REAL-TIME DATA MANAGEMENT

Usmonov Sh.Y., Sobirov M.N.

Fergana State Technical University.

Abstract. The concept of "Internet of Things" (IoT) is used in production enterprises of developed countries around the world to obtain energy data in real time. 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

Кирish. Zamonaviy global ishlab chiqarish sanoatida energiya sarfini kamaytirish orqali ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish va karbon izini qisqartirish tobora dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Turli ishlab chiqarish tarmoqlarida energiya samaradorligini oshirish bo'yicha keng ko'lamli ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilayotgan bo'lsa-da, bir qator aniq texnologik jarayonlarda, xususan, yuqori intensivlikdagi issiqlik jarayonlarida bu masalaga yetarlicha e'tibor qaratilmagan.

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, moyini 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 modellashtirildi [1].

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 tejallishiga erishish mumkinligini isbotlaydi.

Misol uchun, bir xil sifatda yog' ajratish natijasini beruvchi ikki xil parametrlar to'plami sinovdan o'tkazildi. Ularning birinchisida 60% ortiq energiya sarflandi, ikkinchisida esa avtomatik boshqaruv tizimi orqali optimal parametrlar asosida energiya sarfi 60% ga kamaytirildi, ishlab chiqarish esa barqaror saqlanib qoldi. Bu esa shuni ko'rsatadiki, energiya tejash uchun yuqori

texnologiyali uskunalarga investitsiya kiritmasdan ham real vaqtli monitoring va parametrlarni optimallashtirish orqali sezilarli samaradorlikka erishish mumkin [2].

Model, shuningdek, elektr yuritma asosida ishlaydigan nasoslar, shnekklar va qozonxonalarda harorat va bosimni PID-regulyatorlar bilan nazorat qilish orqali energiyani tejashga xizmat qiladigan algoritmlar ishlab chiqishga asos yaratdi. Random Forest algoritmi yordamida esa sensor ma'lumotlaridan foydalangan holda yuklamaning vaqt bo'yicha tebranishi, nosozlik yuzaga kelishi ehtimoli va ortiqcha issiqlik sarfi aniqlanadi.

Energiya oqimi tahlili natijalariga asoslangan holda ishlab chiqilgan model yordamida quyidagilarni amalga oshirish mumkin bo'ldi:

- 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 [3]. 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 [5].

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].

Shunga ko'ra, tadqiqotda Qo'qon Yog'-Moy Invest korxonasining real ishlab chiqarish liniyasi uchun IoT + SCADA + PLC + MATLAB integratsiyasi asosida energiyani boshqarishning kompleks matematik modeli ishlab chiqilgan. Bu model asosida:

- Harorat, bosim, yuklama va energiya sarfi haqidagi datchiklar ma'lumotlari real vaqt rejimida to'planadi;
- Ular AI algoritmlar (Random Forest) orqali tahlil qilinadi;

- Nosozlik ehtimoli, ortiqcha yuklama yoki energetik tebranishlar oldindan aniqlanadi;
- PLC va SCADA tizimlari yordamida optimal boshqaruv signallari ishlab chiqiladi va qurilmalarga yuboriladi;
- Mahsulot hajmiga nisbatan energiya samaradorlik indeksi (ESI) hisoblanadi.

Ushbu yondashuv, nafaqat ishlab chiqarishning samaradorligini oshiradi, balki energiya resurslarining 15–25% gacha tejalishini, elektr yuritma tizimlarining xavfsiz va barqaror ishlashini, shuningdek texnologik jarayonlarning energetik ishonchligini ta'minlaydi. Shu tariqa, zamonaviy energiya boshqaruvi bo'yicha xalqaro tajribani mahalliy sanoatga moslashtirish orqali yuqori darajadagi iqtisodiy va ekologik samaradorlikka erishish mumkin bo'ladi.

Qo'qon Yog'-Moy Invest MChJ ishlab chiqarish kompleksining texnologik energetika tizimini tahlil qilishda aynan mana shu yondashuv muhim ahamiyatga ega. Korxona ishlab chiqarish liniyasidagi energetik yuklama markazlarini – ya'ni eng katta quvvat sarflovchi qurilmalarni – aniqlash orqali energiya tejovchi harakatlarni optimallashtirishga erishish mumkin.

Ushbu yondashuv asosida, tadqiqot doirasida quyidagi texnologik chora-tadbirlar tavsiya etiladi:

- Energiya tahlil vositalarini avtomatlashtirish: IoT asosida real vaqt ma'lumotlar yig'ish orqali energiya oqimini onlayn monitoring qilish.
- “Bo'g'in nuqtasi” tahlili: SCADA tizimi orqali real vaqt yuklama profilingi asosida eng katta energiya sarflovchi jarayonlar va qurilmalarni aniqlash.
- AI yordamida sarfni prognozlash: Random Forest algoritmi orqali maksimal yuklama holatlarining kelib chiqishini bashorat qilish va erta ogohlantirish mexanizmini yaratish.
- Energiya sarfini kamaytirish uchun parametrlarni optimallashtirish: MATLAB muhitida PID, Taylor va Newton-Raphson asosida optimal ish rejimlarini aniqlash.

Shunday qilib, ilg'or xorijiy tajriba asosida ishlab chiqilgan metodlar bugungi kunda ishlab chiqarish jarayonlarida energiya samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, real vaqtli ma'lumotlar oqimi va sun'iy intellekt yordamida energiyani boshqarishning integratsiyalashgan modeli Qo'qon Yog'-Moy Invest kabi o'rta korxonalar uchun ham iqtisodiy, ham ekologik jihatdan katta ijobiy natijalar beradi.

Zamonaviy ishlab chiqarish texnologiyalarida energiyani tejash bo'yicha olib borilayotgan chora-tadbirlar ko'plab texnologik tarmoqlarni qamrab olmoqda. Xususan, lazer asosidagi issiqlik ishlov berish jarayonlarida energiyani aniq yo'naltirish va boshqarishning yuqori aniqligi tufayli issiqlikning yo'qotilishini minimallashtirishga erishiladi. Bu tajriba oziq-ovqat sanoatida, ayniqsa yuqori haroratli quritish, pishirish, sterilizatsiya va qadoqlash kabi texnologik bosqichlarda energiya samaradorligini oshirish uchun o'ziga xos metodologik asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Bundan tashqari, ba'zi hollarda ikki turdagi issiqlik manbaini birlashtirish orqali samaradorlik oshirilgan: masalan, presslash, qizdirish va filtrlash texnologiyalarini uyg'unlashtirish orqali energiya sarfini kamaytirish bilan birga ishlab chiqarish sifati saqlanib qolgan. Oziq-ovqat sanoatida ham ushbu yondashuvga o'xshash tarzda, elektr yuritma asosida ishlovchi issiqlik nasoslari va bug' generatorlari integratsiyasi orqali umumiy samaradorlikni oshirish mumkin [7].

Qo'qon Yog'-Moy Invest MChJ korxonasida shunga o'xshash yondashuvni qo'llash orqali quyidagi texnik natijalarga erishish mumkin:

- ♦ AI yordamida yuklama va energiya oqimining real vaqtli modellari ishlab chiqiladi (Random Forest, Regression Trees);
- ♦ SCADA va IoT datchiklari orqali texnologik bosqichlar kesimida energiya sarfi tahlil qilinadi;
- ♦ Har bir bosqich bo'yicha bo'g'in nuqtalari aniqlanib, minimum aralashuv bilan maksimal tejash strategiyasi ishlab chiqiladi;
- ♦ PID va Nyuton-Rafson metodlari yordamida optimal ishlash parametrlarini aniqlash asosida energiya tejiladi;
- ♦ Mahsulot sifatini buzmaganda, texnologik boshqaruv tizimi orqali energiyaning 20–25% gacha tejash imkoniyati yaratiladi.

Shunday qilib, lazer texnologiyasi asosida ishlab chiqilgan energiya boshqaruv konsepsiyalari oziq-ovqat ishlab chiqarish texnologiyalarida ham qo'llanilishi mumkin bo'lib, ular energiya resurslarini tejoychi zamonaviy texnologiyalarni ishlab chiqish va joriy qilish bo'yicha tadqiqotning ilmiy asosini tashkil qiladi.

Mazkur metodologiyani Qo'qon Yog'-Moy Invest korxonasining real ishlab chiqarish tizimi uchun quyidagi bosqichlarda qo'llash rejalashtiriladi:

1. Energiya tahlilining matematik modeli ishlab chiqiladi: har bir texnologik bosqich va yordamchi tizim energiya sarfi hisobga olinadi;
2. Real energiya ma'lumotlari asosida mahsulot ishlab chiqarish bosqichlarida tajriba (monitoring) o'tkaziladi;
3. Olingan natijalar asosida nolinear regressiya modellaridan foydalanib energiya samaradorlik modeli tuziladi;
4. Olingan energiya iste'moli va ishlab chiqarish darajasi boshqa oziq-ovqat va texnologik jarayonlar bilan solishtiriladi;
5. Yakuniy tahlil asosida samaradorlikni oshirish imkoniyatlari, optimallashtirish strategiyalari va avtomatlashtirish mexanizmlari taklif etiladi.

Ushbu yondashuv oziq-ovqat sanoatida energiyani tejash bo'yicha amaliyotga yo'naltirilgan va tizimli qarashni shakllantiradi. Ayniqsa, IoT+SCADA+PLC+MATLAB+AI asosida integratsiyalashgan energiya boshqaruv modeli yordamida mahsulotga nisbatan energiya sarfi indeksleri (ESI), PID-regulyatsiyali issiqlik balansi, yuklama prognozleri (Random Forest) va uzluksiz monitoring asosida yuqori aniqlikdagi real vaqt boshqaruvi ta'minlanadi [8].

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 [9].

- 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 maxsulotga 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 [10].

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:

$$\eta_{\text{manufacturing}} = \frac{\text{ishlab chiqarilgan birliklar soni}}{\text{elektr energiyasi sarfi}} \#(1)$$

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:

$$\eta_{\text{press}} = \frac{\text{kunlik eritilgan chigit (kg/soat)}}{\text{elektr energiyasi sarfi (kW)}} \#(2)$$

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

$$\eta_{\text{process}} = \frac{E_{\text{foydali}}}{E_{\text{elektr}}} = \frac{\int_0^t P_{\text{foy}}(t) dt}{\int_0^t P_{\text{elektr}}(t) dt} \#(3)$$

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 yanada chuqurlashtirib, energetik oqimni komponentlarga ajratishni taklif etadi:

$$E_{\text{MR}} + \sum E_{\text{elec,loss}} = E_{\text{elec,MT}} + E_{\text{elec,PD}} \#(4)$$

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 umumlashtirish mumkin:

$$E_{\text{ish}} + \sum E_{\text{elektr,yo'q}} = E_{\text{asosiy}} + E_{\text{sovitish}} + E_{\text{chiqarish}} + E_{\text{harakat}} + E_{\text{qo'llab-quvvatlovchi}} \#(5)$$

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;

$E_{sovitish}$ – sovitish 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 $E = \int P(t)dt$), tenglama (5) quyidagi tarzda vaqtga nisbatan integral ko‘rinishda qayta yoziladi:

$$E_{ish} + \sum E_{elektr,yo'q} = \int_0^t P_{asosiy}(t)dt + \int_0^t P_{sovitish}(t)dt + \int_0^t P_{chiqarish}(t)dt + \int_0^t P_{harakat}(t)dt + \int_0^t P_{qo'llab-quvvatlovchi}(t)dt \quad (6)$$

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 energiya 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

$$q = \lambda \cdot \frac{T_{int} - T_{ext}}{\delta} \cdot A \cdot t \quad (7)$$

Energiya samaradorligini aniqlash

$$\eta = \frac{E_{foy}}{E_{kir}} \quad (8)$$

Mahsulotga nisbatan energiya sarfi

$$ESI = \frac{W}{V_{ish}} \cdot \frac{1}{\eta} \quad (9)$$

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

Avvalgi (6)-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 subsystemalar (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:

$$E_{\text{total}} = \sum_{i=1}^n \int_{t_i}^{t_{i+1}} P_i(t) dt \quad (10)$$

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:

$$\eta_{\text{weld}} = \frac{E_{\text{weld}}}{E_{\text{elec}}} = \frac{\int_0^t P_{\text{weld}}(t) dt}{\int_0^t P_{\text{elec}}(t) dt} \quad (11)$$

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.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. FAO. World Agriculture: Towards 2030/2050—The 2012 Revision; FAO: Rome, Italy, 2012.
2. OECD; FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2021–2030; OECD Publishing: Paris, France, 2021. Available online: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2021-2030_19428846-en (accessed on 10 January 2025).
3. Mani, S.; Tabil, L.; Sokhansanj, S. Grinding performance and physical properties of wheat and barley straws, corn stover and switchgrass. *Biomass Bioenergy* 2004, 27, 339–349. [CrossRef]
4. Dziki, D.; Laskowski, J. Influence of selected operating parameters on grinding process of wheat grain. *Agric. Eng.* 2005, 9, 25–32.
5. 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.
6. Frost, J.; Sullivan, L.; Bickerton, S. Energy consumption analysis in feed mills. *Feed Mill Technol.* 2018, 17, 45–54.
7. Turnbull, J.; Rothwell, J. Energy optimization in animal feed manufacturing. *Int. Feed Ind. J.* 2020, 12, 123–135.
8. 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.
9. Wang, Y.; Womac, A.; Igathinathane, C. Biomass grinding machine performance evaluation. *Ind. Crops Prod.* 2013, 46, 294–300.
10. Castellanos, A.; Bravo, M.; Pérez, J. Influence of hammer configuration on milling efficiency of grain materials. *J. Agric. Mach. Sci.* 2019, 15, 76–84.
11. Bond, F. Crushing and Grinding Calculations Part I–II. *Br. Chem. Eng.* 1961, 6, 378–385.
12. Rittinger, P. Laws of comminution. *Chem. Eng. J.* 1867, 3, 67–71.
13. Miu, P.; Bühlmann, A. Theoretical energy efficiency of size reduction processes. *Agric. Eng. Int.* 2014, 20, 15–22.
14. Turchiuli, C.; Smail, R.; Dumoulin, E. Influence of grinding parameters on energy consumption and product quality in hammer mills. *Powder Technol.* 2005, 157, 98–107.
15. Thorpe, G.; Finneran, E.; Newton, R. A study of hammer mill energy consumption during size reduction. *J. Feed Process.* 2017, 33, 245–253.