

**AGROMEXANIZATSIYA TIZIMIDA ENERGIYA TEJAMKOR TEXNIK
YECHIMLARNI JORIY ETISHNING ILMIY ASOSLARI**

Sohibov D.Z., Mukarramov S.B.

Annotatsiya: Ushbu maqolada agromexanizatsiya tizimida energiya tejamkor texnik yechimlarni joriy etishning ilmiy-nazariy asoslari va amaliy jihatlari tahlil qilingan. Zamonaviy qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida energiya iste'moli xarajatlarini kamaytirish va atrof-muhitga salbiy ta'sirni minimallashtirish dolzarb muammolardan hisoblanadi. Tadqiqotda agromexanizatsiya sohasida energiya samaradorligini oshirish bo'yicha xalqaro tajribalar, ilg'or texnologiyalar va innovatsion yondashuvlar ko'rib chiqilgan. Maqolada traktor va qishloq xo'jaligi texnikalarida yonilg'i sarfini optimallashtirish, alternativ energiya manbalaridan foydalanish, gibrid va elektr dvigatelli mexanizmlarni qo'llash, aniq qishloq xo'jaligi texnologiyalarini joriy etish kabi yo'nalishlar bo'yicha ilmiy asoslar taqdim etilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, zamonaviy energiya tejamkor yechimlarni qo'llash orqali fermer xo'jaliklarida yonilg'i sarfini 15-70% gacha kamaytirish, ishlab chiqarish xarajatlarini pasaytirish va ekologik barqarorlikni ta'minlash mumkin. Maqolada keltirilgan tavsiyalar O'zbekiston Respublikasi agromexanizatsiya tizimini modernizatsiya qilish va raqobatbardoshligini oshirish uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: Agromexanizatsiya, energiya tejamkorligi, yonilg'i samaradorligi, aniq qishloq xo'jaligi, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, gibrid traktorlar, elektr traktorlar, suv bug'lash tizimlari, energiya auditori, ekologik barqarorlik, karbon emissiyasi, innovatsion texnologiyalar, qishloq xo'jaligi texnikasi, ishlab chiqarish xarajatlari.

Hozirgi paytda jahon qishloq xo'jaligi global iqlim o'zgarishi, energiya xavfsizligi va oziq-ovqat ta'minoti muammolari bilan bog'liq jiddiy vazifalar oldida turibdi. Qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi Qo'shma Shtatlarda issiqxona gazlari

emissiyasining taxminan 12 foizini tashkil etadi va energiya va suv resurslaridan sezilarli darajada foydalanishni talab qiladi. Agromexanizatsiya tizimi zamonaviy qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishining muhim tarkibiy qismi bo'lib, texnika va texnologiyalarning samarali ishlashi fermer xo'jaliklarining iqtisodiy barqarorligi va raqobatbardoshligini ta'minlashda hal qiluvchi rol o'ynaydi. Shu bilan birga, qishloq xo'jaligi va oziq-ovqat ishlab chiqarish sektori global energiya sarfining taxminan 30 foizini tashkil etadi, bu esa energiya samaradorligini oshirish va energiya talabini kamaytirish zaruratini ko'rsatadi. Energiya tejamkorligini yaxshilash nafaqat xarajatlarni kamaytiradi, balki qazilma yoqilg'iga bog'liqlikni kamaytiradi va issiqxona gazlari emissiyasini pasaytirishga hissa qo'shadi [1]. Fermer xo'jaliklarida energiya sarfi turli yo'nalishlarda amalga oshiriladi va ularni to'rtta asosiy toifaga bo'lish mumkin. Birinchidan, yoritish, isitish va sovutish, nasoslar va konveyerlar uchun elektr energiyasi, ikkinchidan, uskunalarni ishlatish uchun benzin, dizel yoqilg'isi, propan va tabiiy gaz, uchinchidan, o'g'it va pestitsidlarni ishlab chiqarish va sotib olish, to'rtinchidan esa xom ashyo yoki mahsulotlarni tashish uchun energiya sarflanadi. Turli xil qishloq xo'jaligi amaliyotlarida energiya samaradorligi har xil bo'ladi va masalan, sut fermalarida energiya ishlatish xarajatlarining eng kichik qismini 10 foizdan sal ko'proq tashkil etadi, shu bilan birga, eng ko'p energiya talab qiladigan ekin paxta hisoblanadi va energiya ishlatish budjetning deyarli 50 foizini tashkil etadi. Ishlab chiqarish xarajatlari aksariyat dehqonlar uchun oshganligi sababli, qishloq xo'jaligida energiya tejamkorligi har qachongidan ham muhimroq ahamiyat kasb etmoqda va oxirgi yillarda yonilg'i, kimyoviy moddalar va o'g'itlar narxlarining keskin oshishi 2021-2022 yillar oralig'ida kuzatilgan [2].

Jadval 1. Agromexanizatsiya sohasida energiya tejamkor texnologiyalarning qiyosiy tahlili

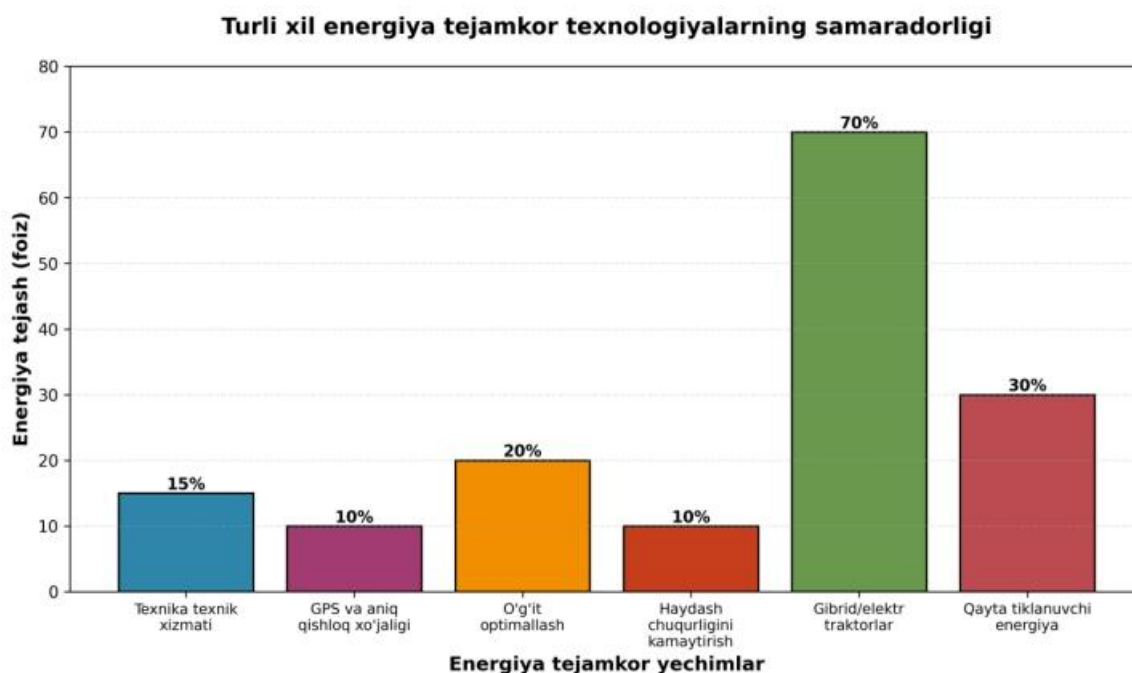
Texnologiya turi	Energiya tejash potentsiali (%)	Amalga oshirish xarajatlari	Qo'llanish muddati	Asosiy afzalliklar
Texnika	10-15%	Past	Doimiy	Oddiy, tezkor

texnik xizmati va sozlash				natija
GPS yo'naltirish tizimlari	8-12%	O'rtacha	5-7 yil	Aniqlik, vaqt tejash
Avtomatik boshqarish	10-15%	Yuqori	7-10 yil	Mehnat tejash, samaradorlik
O'g'it optimallashtirish	15-25%	Past	Har mavsum	Ekologik, iqtisodiy
Tomchilatib sug'orish	20-30%	O'rtacha	10-15 yil	Suv va energiya tejash
Quyosh energiyasi	25-40%	Yuqori	20-25 yil	Ekologik, uzoq muddatli
Gibrid/elektr traktorlar	40-70%	Juda yuqori	10-15 yil	Emissiya kamaytirish

Agromexanizatsiya sohasida energiya tejamkor texnik yechimlarni joriy etishning ilmiy asoslari bir necha yo'nalishlarni o'z ichiga oladi. Traktorlar va dala texnikalarini to'g'ri saqlash va texnik xizmat ko'rsatish yonilg'i sarfini sezilarli darajada kamaytirishi mumkin. Maryland universiteti tomonidan 50 ta traktor ustida o'tkazilgan tadqiqot shuni ko'rsatdiki, to'liq sozlashdan keyin yonilg'i sarfi deyarli 15 foizga kamaygan va shu bilan birga, xuddi shu traktorlarning maksimal quvvati o'rtacha 11 foiz oshgan. Ushbu fermer xo'jaliklari uchun bu sezilarli darajada tejamkorlikni anglatishi mumkin va shuning uchun uskunalarni muntazam ravishda texnik jihatdan sozlab turish energiya samaradorligini oshirishning eng oddiy va samarali usullaridan biridir. Zamonaviy texnologiyalar, jumladan GPS yo'naltirish tizimlari va avtomatik boshqarish texnologiyasi dala bo'ylab eng samarali marshrutlarni topish uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan vositalardir. Asosiy foyda shundaki, u dala bo'yicha o'tkazib yuborishlar va qayta ishlashlarni bartaraf etadi hamda izchil g'ildirak harakati sxemasini o'rnatishga yordam beradi [3]. Aniq qishloq xo'jaligi texnologiyalari dala ustida sarflanadigan vaqtni kamaytirishi

mumkin, bu esa vaqtni ham, yonilg'ini ham tejaydi. Energiya samaradorligini oshirishning muhim jihatini traktor va asbob-uskunalarining o'lchamini to'g'ri tanlashdir. Katta traktorlar odatda ko'proq energiya isrof qiladi, shuning uchun agar siz turli xil ekinlarni yetishtiruvchi yoki ko'plab turli xil dala operatsiyalarini bajarishingiz kerak bo'lgan fermani boshqarsangiz, turli o'lchamdagi traktorlarga ega bo'lish va ulardan foydalanish siz uchun yaxshi sarmoya bo'lishi mumkin. Umuman olganda, kichik uskunalar katta traktor bilan ishlatilmasligi kerak va dala operatsiyalari uchun traktor hajmi va asbob-uskunalarining eng samarali kombinatsiyasidan foydalanish uzoq muddatda pulni tejash imkonini beradi. Nebraskada joylashgan Nebraska Tractor Test Laboratory traktor sinovlarining rasmiy stantsiyasi bo'lib, OECD tomonidan test qilingan traktorlar bo'yicha ishlash ma'lumotlari va American Society of Agricultural and Biological Engineers tomonidan tayyorlangan jadvallar fermer xo'jaliklariga o'zlarining ehtiyojlariga eng mos keladigan kombinatsiyani topishda yordam berishi mumkin [4].

Diagramma 1. Turli xil energiya tejamkor texnologiyalarning samaradorligi



Energiya tejamkorligining yana bir muhim yo'nalishi yashirin energiyani tejash imkoniyatlaridan foydalanishdir. Qishloq xo'jaligida ishlatiladigan energiyaning deyarli yarmi o'g'itlar uchun sarflanadi va bu energiyaning 80 foizi

tabiiy gazdan azot ishlab chiqarishga yo'naltiriladi. Biroq, fermer xo'jaliklarida bu energiya xarajatlarining ba'zilar zarur bo'lmasligi mumkin va ishlab chiqarilgan azotning haddan tashqari iste'molini kamaytirish orqali qishloq xo'jaligi tomonidan talab qilinadigan energiya miqdorini kamaytirishga yordam berish mumkin. Tuproqni sinash va tuproqda nima etishmayotganini aniqlash energiyani tejashning ajoyib birinchi qadami hisoblanadi va shu yo'l bilan o'g'it va pestitsidlarni aniqroq dozlash mumkin bo'ladi. Konservatsiya qishloq xo'jaligi texnikalaridan foydalanish, masalan, minimal yoki strip-till usullari zarur bo'lgan sayohatlarni kamaytiradi va yonilg'ini tejaydi. Dalada tuproqni haydash operatsiyalari dizel sarfidagi eng muhim komponentlardan biridir, shuning uchun ularni minimal darajada ushlab turish to'g'ridan-to'g'ri energiya sarfini kamaytiradi va har 25 mm og'ir haydash chuqurligini oshirish uchun traktor yonilg'i sarfi gektariga 2 litrga oshdi va haydash chuqurligini 25 mm ga kamaytirish orqali gektariga yonilg'i xarajatlari va emissiyalar 10 foizga kamaytirildi [5]. Zamonaviy traktorlarda yonilg'i samaradorligini oshirish quvvat va yuk mosligini ta'minlash hamda o'zgaruvchan transmissiyadan foydalanish orqali erishiladi. Dvigatel va transmissiya bilan uzluksiz aloqa qilishga qodir bo'lgan va traktordan olingan ma'lumotlarga asoslangan holda tegishli sozlamalarni amalga oshiradigan dvigatelni boshqarish tizimlari o'zgarib turuvchi sharoitlarga tez va aniq javob berishga imkon beradi. Mexanizatsiyalashgan ko'pgina fermer xo'jaliklari traktorlarni, fermer xo'jaligi transport vositalarini, o'rim-yig'im mashinalarini va boshqa fermer xo'jaligi uskunalari ishlatish uchun dizel yoqilg'isiga bog'liq va qazilma yoqilg'i zamonaviy sanoat miqyosidagi fermer xo'jaliklarda sarflanadigan umumiy energiya 75 foizigacha bo'lgan asosiy energiya xarajatlardir. Yonilg'i xarajatlarini kamaytirish nisbatan oddiy bo'lishi mumkin va texnikani to'g'ri saqlash va sozlashdan boshlanadi.

Alternativ energiya tizimlari agromexanizatsiya sohasida energiya tejamkorligini ta'minlashning istiqbolli yo'nalishi hisoblanadi. Quyosh energiyasi, shamol energiyasi va biomassa energiyasi qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida qo'llanilishi mumkin bo'lgan asosiy qayta tiklanuvchi energiya manbalaridir.

Quyosh energiyasi fotovoltaik tizimlar orqali fermer xo'jaligi operatsiyalarini, suv nasoslarini va suv bug'lash tizimlarini quvvatlantirish uchun elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun foydalanilishi mumkin. Yaxshi shamol sharoitlari mavjud joylarda shamol turbinalari fermer xo'jaliklarida elektr energiyasini ishlab chiqarishi mumkin va shamol energiyasi yolg'iz AQShda 2020 yilga kelib dehqonlar va qishloq xo'jaligi yer egalari uchun 1,2 milliard dollar yangi daromad va 80 ming yangi ish o'rni ta'minlashi mumkin edi. Biomassa energiyasi qishloq xo'jaligi chiqindilari, hayvonlar chiqindilari yoki yoqilg'i ishlab chiqarish uchun maxsus etishtirilgan ekinlardan olinishi mumkin va issiqlik va elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun yoqilg'i sifatida ishlatilishi mumkin [6]. Agar AQShda biomassadan energiya uchun foydalanish uch baravar oshsa, bu dehqonlar va qishloq jamoalari uchun 20 milliard dollargacha yangi daromad keltirishi va 70 million avtomobilni yo'ldan olib tashlash bilan bir xil miqdorda global isish emissiyalarini kamaytirishga yordam berishi mumkin. Gibril va elektr quvvatli traktorlar agromexanizatsiya sohasida energiya tejamkorligining yangi bosqichi hisoblanadi. Elektr transport vositalarida batareyalar ulkan texnologik rivojlanish va bozor muvaffaqiyatini ko'rgan, ayniqsa barcha yo'ldagi transport vositalari toifalarida, hatto 40 tonnalik og'ir yuk mashinalari va batareya bilan ishlaydigan traktorlar loyihalashtirilgan va ishlab chiqarilgan. Shuning uchun batareya va quvvat elektronikasi texnologiyasi og'ir texnika uchun ham etarlicha yetuk hisoblanadi va simulyatsiya natijalari energiya sarfini 70 foizgacha kamaytirish mumkinligini ko'rsatadi, bu esa juda yuqori quvvat uzatmasi samaradorligidan kelib chiqadi. Energiya zichligi, batareyaning uzoqroq ishlash muddati va tezroq zaryadlash vaqtlari elektr qishloq xo'jaligi traktorlarining muvaffaqiyati uchun muhim jihatlardir. Elektrlashtirilgan traktorlarning aniq qishloq xo'jaligi texnologiyalari bilan integratsiyasi ham ishlab chiqaruvchilar uchun o'sib borayotgan qiziqish sohasi hisoblanadi va ba'zi hukumatlar qishloq xo'jaligida elektr transport vositalarini qabul qilishni rag'batlantirish uchun imtiyozlar va subsidiyalar taklif qilmoqda, bu siyosatlar emissiyalarni kamaytirish, barqaror dehqonchilikni rivojlantirish va toza energiya manbalariga o'tishni qo'llab-quvvatlashga qaratilgan

[7].

Aniq qishloq xo'jaligi texnologiyalari energiya tejamliligini oshirishda muhim rol o'ynaydi. Qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida energiya sarfi juda ko'p oshgan va AQShda iste'mol qilinadigan umumiy energiyaning taxminan 17 foizini tashkil etadi va har bir amerikaliklarni oziqlantirish uchun yiliga 400 gallon neft ekvivalenti ishlatiladi, buning 19 foizi dala texnikasini ishlatish uchun sarflanadi. Avtomatik yo'naltirish kabi aniq texnologiyalar urug' ekish yoki kimyoviy moddalar va o'g'itlarni qo'llashda o'tishlarning bir-biriga o'tishini kamaytiradi, bu esa kamroq yonilg'i sarfi va mehnat vaqtiga olib keladi. Kimyoviy moddalar va o'g'itlarni kamroq qo'llash qishloq xo'jaligi texnikasi tomonidan energiya sarfini kamaytirish va ishlab chiqarish xarajatlarini pasaytirishga olib keladi. Agar AQShning atigi 10 foizi dehqonlari urug' ekish uchun yo'naltirish tizimidan foydalansa, yiliga 16 million gallon yonilg'i, to'rt million funt insektitsid va ikki million kvart gerbitsid tejash mumkin. Bu nafaqat fermer xo'jaliklari uchun iqtisodiy tejamlilikni anglatadi, balki atrof-muhitga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. GPS yo'naltirish tizimlaridan foydalanadigan fermer xo'jaliklarida o'rtacha fermer xo'jaligi uchun 1647 litr yonilg'i tejash mumkin, avtomatik boshqarish tizimlari esa 1866 litr yonilg'i tejashga imkon beradi. Tejangon vaqtning pulga aylantirilgan qiymati GPS yo'naltirish uchun o'rtacha fermer xo'jaligi uchun 733,85 AQSh dollari va avtomatik boshqarish tizimlari uchun 851,27 AQSh dollarini tashkil etadi [8].

Suv bug'lash tizimlari energiya sarfining asosiy qismini tashkil etadi va samarali suv bug'lash tizimlarini joriy etish energiya tejamliligini sezilarli darajada oshiradi. Tomchilatib sug'orish tizimlari suvni to'g'ridan-to'g'ri o'simlik ildizlariga yetkazadi, bug'lanishni, oqib ketishni va keraksiz nasos ishlashini minimallashtiradi, bu esa ham suv, ham energiya sarfini sezilarli darajada kamaytiradi. Tuproq namligini sezuvchi qurilmalarga asoslangan holda faollashadigan aqlli tizimlar suvni faqat zarur bo'lganda ishlatishini ta'minlaydi va energiya xarajatlarini minimallashtiradi. Quyoshli hududlarda quyosh energiyasi bilan ishlaydigan nasoslarni qabul qilish qazilma yoqilg'iga bog'liqlikni keskin kamaytiradi, barqarorlikni oshiradi va ishlatish xarajatlarini pasaytiradi. Sun'iy

yo'ldosh asosidagi tuproq namligi monitoringi suv bug'lash vaqti va miqdorini aniqroq sozlashga yordam beradi, bu esa fermer xo'jaliklarida ham suvni, ham energiyani tejashga imkon beradi. Nazariy nuqtai nazardan, qishloq xo'jaligi mexanizatsiyasining paydo bo'lishi bir nechta maqsadlarga xizmat qiladi: u dehqonlarning daromadini oshiradi, qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi samaradorligini oshiradi, an'anaviy qishloq xo'jaligi amaliyotlarini inqilob qiladi va qishloq xo'jaligi landshaftining ekologik barqarorligini yaxshilaydi [9]. Bundan tashqari, fanlararo tadqiqotlar texnika sotib olish uchun subsidiya siyosati, qishloq xo'jaligi mehnatining migratsiya naqshlari va qishloq xo'jaligi faoliyatining uglerod izi kabi o'zgaruvchilarni o'rganish orqali qishloq xo'jaligi mexanizatsiyasining ko'p qirrali ta'sirini o'rgangan. Akademik konsensusning aksariyati qishloq xo'jaligi mexanizatsiyasining ijobiy ekologik ta'sirlariga moyil bo'lsa-da, ilmiy hamjamiyatning bir qismi buning aksini isbotlaydigan dalillarni topgan va xususan, ular mexanizatsiya darajasining oshishi energiya sarfi va uglerod emissiyasining oshishi bilan bog'liq bo'lishi mumkinligini ta'kidlaganlar. Biroq, eskirgan qishloq xo'jaligi texnikasini yo'q qilish va yonilg'i sarfini kamaytirish uglerod emissiyasini samarali kamaytirishi mumkin va zamonaviy energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish bu ziddiyatni hal qilishda yordam beradi. Energiya auditori fermer xo'jaliklarida energiya sarfini optimallashtirish uchun muhim vositadir. Energiya auditori texnika, suv bug'lash, binolar va operatsiyalarda energiya isrofining muayyan joylarini aniqlaydi va energiya tejash choralari qo'llash imkoniyatlarini ko'rsatadi. Binolar va fermer xo'jaligi inshootlari global energiya sarfining 30 foizini tashkil etadi va ularning energiya samaradorligini oshirish muhim ahamiyatga ega. Energiya samarali yoritish tizimlari, isitish va sovutish tizimlarini optimallashtirish, binolarni izolyatsiyalash va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish fermer xo'jaligi binolarida energiya xarajatlarini sezilarli darajada kamaytirishi mumkin. Hayvonlarni saqlash uchun mo'ljallangan inshootlarda HVAC tizimlarini muntazam ravishda tekshirish va filtrlarni tez-tez almashtirish energiya samaradorligini oshiradi va yonilg'i xarajatlarini kamaytiradi. Oziq-ovqat yo'qotish va chiqindilar global yillik issiqxona gazlari emissiyasining taxminan 8-10 foizini

tashkil etadi va hozirgi vaqtda oziq-ovqatning umumiy 40 foizi hech qachon iste'mol qilinmasligini baholashlar ko'rsatmoqda. Global yo'qotishlarning 15 foizdan ortig'i dehqonchilik bosqichi bilan bog'liq va iqtisodiy rivojlanish darajasi qanchalik yuqori bo'lsa, aholi jon boshiga oziq-ovqat yo'qotishlari shunchalik ko'p bo'ladi, iste'mol bosqichida oziq-ovqat yo'qotishlarining ulushi shunchalik katta bo'ladi va dehqonchilik va qayta ishlash darajasidagi ulush shunchalik kichik bo'ladi. Rivojlanayotgan mamlakatlarda qishloq xo'jaligining pastroq rivojlanish darajasi bu zanjirdagi yo'qotishlarni ayniqsa yuqori qiladi va Sub-Sahara Afrikasi mintaqasidagi asosiy yo'qotish manbalari o'rim-yig'im va dalada quritish, uyga tashish, quritish, boshqandan ajratish, sepish, fermer xo'jaligida saqlash, bozorga tashish va bozorda saqlashni o'z ichiga oladi. Energiya tejamkor texnologiyalarni qo'llash va saqlash sharoitlarini yaxshilash orqali bu yo'qotishlarni kamaytirish mumkin, bu esa umumiy energiya samaradorligini oshiradi. Gibrid qishloq xo'jaligi traktorlari uchun energiya tejamkor boshqaruv ishlash sharoitlarini bashorat qilish bilan birlashtirilgan Pontryagin minimal prinsipi asosida bashoratli boshqarish strategiyasini talab qiladi. Zamonaviy qishloq xo'jaligi ishlab chiqarish shakllari va yangi ishlab chiqarish naqshlarining rivojlanishi bilan ishlab chiqarish samaradorligi, atrof-muhitni muhofaza qilish, yashil energiya tejash va boshqa jihatlarda yuqoriroq talablar qo'yildi. An'anaviy yonilg'i bilan ishlaydigan traktor quvvat tizimining energiya foydalanish darajasi past va egzoz emissiyalari CO, uglerod oksidlari, uglevodorodlar va azot oksidlari kabi ko'p miqdorda ifloslantiruvchi moddalarni o'z ichiga oladi, ular atrof-muhit ifloslanishining asosiy manbalaridan biriga aylangan. Shuning uchun energiya tejovchi va ekologik jihatdan xavfsiz qishloq xo'jaligi transport vositalari, ayniqsa traktorlar bo'yicha tadqiqotlar energiya sarfi va atrof-muhit ifloslanishi bosimini yumshatish uchun katta ahamiyatga ega. Gibrid quvvat tizimi texnologiyasi avtomobillarda qo'llanishda tobora yetuk bo'lib bormoqda va traktorlar qishloq xo'jaligi transport vositalarining asosiy quvvat texnikasi hisoblanadi. Ish sharoitlari murakkab, ishlatish rejimlari tez-tez o'zgarishi kerak va tortish qarshiligi tez-tez o'zgarib turadi, shuning uchun dvigatel yuk koeffitsienti past bo'ladi va bashoratli boshqarish

strategiyasini qo'llash dizel dvigateli va motorning ishlashini samarali boshqarish, ularning eng samarali darajada ishlashini ta'minlash imkonini beradi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, shudugorlik sharoitida quvvat kuzatuv boshqarish strategiyasi bilan solishtirganda, taklif etilgan bashoratli boshqarish strategiyasi traktor dalasini haydashni yanada samarali va iqtisodiy jihatdan tejamkor qilishga yordam beradigan holda energiya sarfi xarajatlarini 9,42 foiz kamaytirishga yordam beradi.

Agrivoltaika tizimlari qishloq xo'jaligi va quyosh panellari o'rnatilishining uyg'unlashuvi bo'lib, yer foydalanishni qayta belgilaydi va qishloq xo'jaligida energiya samaradorligini kuchaytiradi. Bir xil uchastkada oziq-ovqat va energiya ishlab chiqarishni birlashtirish orqali erni ikki barobar samarali qilish mumkin va ekinlar yoki chorva ustiga o'rnatilgan quyosh panellari soya hosil qilish bilan birga ishlab chiqarish operatsiyalari uchun barqaror elektr energiyasini ishlab chiqaradi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yaxshi loyihalashtirilgan agrivoltaika inshootlari bilan, ayniqsa quyoshli hududlarda, yer foydalanish samaradorligi 60-70 foizga oshadi. Oziq-ovqat xavfsizligi va barqaror rivojlanish maqsadlari qishloq xo'jaligi sohasida energiya tejamkorligini oshirishni talab qiladi va agrivoltaika tizimlari bu ikki maqsadni bir vaqtning o'zida amalga oshirishga imkon beradi. O'zbekiston Respublikasi qishloq xo'jaligi sohasida energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish uchun katta imkoniyatlarga ega. Mamlakat iqlim sharoitlari quyosh energiyasidan foydalanish uchun juda qulay bo'lib, yiliga 300 kundan ortiq quyoshli kunlar mavjud. Shamol energiyasi resurslari ham, ayniqsa ba'zi hududlarda, qo'llanilishi mumkin. Biomassa energiyasi uchun qishloq xo'jaligi chiqindilari va o'simlik qoldiqlari keng miqyosda mavjud. Zamonaviy GPS texnologiyalari va sun'iy yo'ldosh monitoring tizimlarini joriy etish aniq qishloq xo'jaligi amaliyotlarini rivojlantirishga imkon beradi. Gibrid va elektr traktorlarni bosqichma-bosqich joriy etish strategiyasini ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir. Davlat tomonidan energiya tejamkor texnologiyalarni qo'llagan fermer xo'jaliklarini subsidiyalash va rag'batlantirish tizimsini yaratish muhim ahamiyatga ega. Fermer xo'jaliklari va agromexanizatsiya xodimlarini zamonaviy energiya tejamkor texnologiyalar bo'yicha o'qitish va malaka oshirish zarur. Energiya auditori

xizmatlarini rivojlantirish va fermer xo'jaliklarida energiya sarfini tahlil qilish dasturlarini joriy etish tavsiya etiladi [10].

Agromexanizatsiya tizimida energiya tejamkor texnik yechimlarni joriy etish ko'p jihatli yondashuvni talab qiladi va u texnik, iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy omillarni o'z ichiga oladi. Texnikani to'g'ri saqlash va sozlash, aniq qishloq xo'jaligi texnologiyalarini qo'llash, alternativ energiya manbalaridan foydalanish, gibrid va elektr transport vositalarini joriy etish, suv bug'lash tizimlarini optimallashtirish, energiya auditi o'tkazish va oziq-ovqat yo'qotishlarini kamaytirish kabi choralar majmuasi fermer xo'jaliklarida energiya xarajatlarini sezilarli darajada kamaytirish, iqtisodiy samaradorlikni oshirish va ekologik barqarorlikni ta'minlash imkonini beradi. Jahon tajribasi shuni ko'rsatadiki, energiya tejamkor yechimlarni qo'llash orqali yonilg'i sarfini 15-70 foizgacha kamaytirish, ishlab chiqarish xarajatlarini pasaytirish va issiqxona gazlari emissiyasini keskin kamaytirish mumkin. O'zbekiston qishloq xo'jaligi uchun energiya tejamkor agromexanizatsiya tizimini shakllantirish nafaqat iqtisodiy jihatdan foydali, balki ekologik jihatdan zarur va strategik jihatdan muhim vazifa hisoblanadi. Zamonavir texnologiyalarni bosqichma-bosqich joriy etish, davlat tomonidan qo'llab-quvvatlash tizimsini yaratish, kadrlar tayyorlash va xalqaro hamkorlikni rivojlantirish orqali O'zbekiston agromexanizatsiya tizimida energiya samaradorligini sezilarli darajada oshirish va raqobatbardoshligini ta'minlash mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. National Renewable Energy Laboratory (NREL). Agricultural Decarbonization: Energy Systems Analysis. Available at: <https://www.nrel.gov/analysis/agricultural-decarbonization> (Accessed: October 16, 2025).
2. Pennsylvania State University Extension. Top 10 Ways Field Crop Farms can Save Energy. Available at: <https://extension.psu.edu/top-10-ways-field-crop-farms-can-save-energy> (Accessed: October 16, 2025).
3. Zhang, Y., Zhou, X., & Lei, W. (2023). Does agricultural mechanization improve agricultural environmental efficiency? *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1344903. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1344903>

4. Soni, P., Ou, Y., Soe, H. M., & Chea, S. (2024). Improving On-farm Energy Use Efficiency by Optimizing Machinery Operations and Management: A Review. *Agricultural Research*. <https://doi.org/10.1007/s40003-024-00824-5>
5. Lajunen, A., Sainio, P., Laurila, L., Pippuri-Mäkeläinen, J., & Tammi, K. (2024). Simulation-Based Assessment of Energy Consumption of Alternative Powertrains in Agricultural Tractors. *AgriEngineering*, 15(3), 86. <https://doi.org/10.3390/agriengineering15030086>
6. Singh, R., Ansari, M. A., Singh, V. K., & Kumar, A. (2025). Energy Use Efficient Approaches in Farming: A Futuristic Strategy. In: *Advances in Agricultural Development*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-88396-5_14
7. Gradziuk, P., Matyka, M., Grzybek, A., & Radzikowski, P. (2024). Agriculture as Energy Prosumer: Review of Problems, Challenges, and Opportunities. *Energies*, 17(24), 6447. <https://doi.org/10.3390/en17246447>
8. Banerjee, A., Malagon, A., Manalang, N., & Valchuis, A. (2012). Energy savings by adopting precision agriculture in rural USA. *Energy, Sustainability and Society*, 2(1), 22. <https://doi.org/10.1186/2192-0567-2-22>
9. Abul-Soud, M., Emam, M., & Abdrabbo, M. A. (2023). Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture. *Energy Nexus*, 11, 100221. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100221>
10. Nugroho, A. D., Hara, K., & Trautmann, N. (2023). Renewable Energy and Sustainable Agriculture: Review of Indicators. *Sustainability*, 15(19), 14307. <https://doi.org/10.3390/su151914307>