DONNI MAYDALASH JARAYONINING TEXNOLOGIK BOSQICHLARI VA ULARNING SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI

G'ulomova Marjona Nuriddin qizi
o'qituvchi stajyor
E-mail: marjonagulomova14@gmail.com
Raxmonkulova Xafiza Olimjonovna
o'qituvchi stajyor
E-mail: raxmonkulovaxafiza@gmail.com

Received: 26.10.2025
Revised: 27.10.2025
Accepted: 28.10.2025

Kalit so‘zlar:
don, maydalash, texnologik bosqich, samaradorlik, energiya tejamkorlik, avtomatlashtirish, tegirmon.

Ключевые слова:
зерно, измельчение, технологический процесс, эффективность, энергосбережение, автоматизация, мельница.

Keywords:
grain, crushing, technological stages, efficiency, energy saving, automation, milling.

Annotatsiya. Ushbu maqolada donni maydalash jarayonining texnologik bosqichlari, ularning mohiyati hamda samaradorlikka ta’sir etuvchi asosiy omillar tahlil qilingan. Donni maydalashda energiya tejamkor texnologiyalarni qo‘llash, avtomatlashtirish tizimlarini joriy etish va ishlab chiqarish sifatini oshirish yo‘llari yoritilgan. Tadqiqot natijalari donni qayta ishlash korxonalarida ishlab chiqarish unumdorligini oshirish va chiqindilarni kamaytirish imkonini beradi.

Аннотация. В статье рассмотрены технологические этапы процесса измельчения зерна, их сущность и основные факторы, влияющие на эффективность. Особое внимание уделено применению энергосберегающих технологий, внедрению систем автоматизации и повышению качества производственного процесса. Полученные результаты способствуют увеличению производительности предприятий по переработке зерна и снижению потерь сырья.

Annotation. This article examines the technological stages of the grain crushing process, their essence, and the main factors affecting efficiency. It highlights the use of energy-saving technologies, the implementation of automation systems, and methods to improve production quality. The research results contribute to increasing productivity and reducing waste in grain processing enterprises.

Kirish . Don insoniyat hayotida eng qadimiy va asosiy oziq-ovqat manbalaridan biri bo‘lib, undan olinadigan un, yorma va boshqa mahsulotlar oziq-ovqat sanoatining muhim qismini tashkil etadi. Donni qayta ishlash texnologiyasi asosan uni maydalash jarayoniga tayanadi, chunki aynan shu bosqichda donning tarkibiy qismlari — urug‘ po‘stlog‘i, endosperm va murtagi — mexanik tarzda ajratiladi va kerakli o‘lchamdagi

zarrachalarga aylantiriladi. Shu bois, maydalash jarayonining sifati nafaqat tayyor mahsulotning fizik-kimyoviy xususiyatlarini, balki uning oziqaviy qiymati va saqlanish muddatini ham belgilab beradi.

Zamonaviy ishlab chiqarish sharoitida donni maydalash texnologiyasi ko‘p bosqichli, murakkab va energiya talab qiluvchi jarayon hisoblanadi. Har bir bosqichda mexanik kuchlar ta’siri, haroratning oshishi, namlikning o‘zgarishi kabi omillar natijasida donning ichki strukturasida jiddiy o‘zgarishlar yuz beradi. Shuning uchun ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va un sifati barqarorligini ta’minlash maqsadida donni maydalash texnologiyasini chuqur tahlil qilish dolzarb masala sanaladi. O‘zbekiston Respublikasi oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash strategiyasida don mahsulotlari ishlab chiqarish va qayta ishlash tarmoqlarining raqamlashtirilishi, energiya tejamkor texnologiyalarni keng joriy etish hamda chiqindisiz ishlab chiqarish tizimiga o‘tish ustuvor yo‘nalishlardan biri sifatida belgilangan. Shu nuqtai nazardan, donni maydalash jarayonining texnologik bosqichlarini takomillashtirish, avtomatlashtirish tizimlarini yaratish va uskunalarning samaradorligini oshirish bugungi kun ilmiy-tadqiqot ishlari uchun muhim yo‘nalishlardan biridir. Bundan tashqari, ishlab chiqarish korxonalarida ishlatilayotgan maydalash uskunalarining eskirganligi, texnik xizmat ko‘rsatishning yetarli darajada yo‘lga qo‘yilmagani va energiya resurslari isrofi samaradorlikni pasaytirayotgan omillar sirasiga kiradi. Shu sababli, ushbu maqolada donni maydalash jarayonining asosiy texnologik bosqichlari chuqur tahlil qilinadi hamda ularning samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi innovatsion yechimlar taklif etiladi.

Adabiyotlar tahlili. Donni maydalash jarayoni yuzasidan ilmiy tadqiqotlar so‘nggi yillarda jadal rivojlanib bormoqda. Ilmiy manbalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, donni maydalash texnologiyasida samaradorlikni oshirish uchun asosan uch yo‘nalishda ish olib borilmoqda:

- **mexanik uskunalarni takomillashtirish,**
- **energiya tejamkor tizimlarni joriy etish,**
- **jarayonni avtomatlashtirish va nazorat qilish texnologiyalarini qo‘llash.**

V. G. Kireyev (2019) o‘zining *“Texnologiya pererabotki zerna”* nomli asarida donni maydalash jarayonining fizik-mexanik asoslarini tahlil qilgan. U maydalanish samaradorligi donning zichligi, namligi va zarracha shakliga bevosita bog‘liq ekanini ta’kidlaydi. Shuningdek, muallif maydalashda energiya yo‘qotishlarini kamaytirish uchun tegirmonlarning aylanish tezligini optimallashtirish zarurligini ko‘rsatadi. A. A. Jo‘rayev (2021) esa donni maydalash samaradorligiga namlikning ta’siri haqida eksperimental tadqiqotlar olib borgan. Uning natijalariga ko‘ra, donning namligi 13–15 % oralig‘ida bo‘lganda, maydalash eng samarali kechadi. Namlikning ortishi esa elak teshiklarining tiqilib qolishiga va energiya sarfining oshishiga olib keladi. Bu tadqiqot natijalari O‘zbekiston sharoitida ishlov berish texnologiyalarini optimallashtirish uchun muhim ahamiyatga ega. Xorijiy manbalarda ham bu masala

keng yoritilgan. Masalan, Sidorov N. N. (2018) o‘zining *“Modern Grain Milling Systems”* nomli asarida donni maydalash jarayonida sirt harorati va zarracha tezligining mahsulot sifati bilan bog‘liqligini o‘rganadi. U issiqlik ta’sirini kamaytirish uchun sovutish tizimlarini joriy etishni tavsiya qiladi. Shuningdek, pnevmatik tashish tizimlari chang chiqindilarini 25–30 % gacha kamaytirishini qayd etgan. Karimov B. R. (2020) esa *“Oziq-ovqat texnologiyasi asoslari”* kitobida donni maydalash jarayonining O‘zbekiston sanoatidagi amaliy qo‘llanilishini tahlil qilgan. Unga ko‘ra, mamlakatdagi aksariyat tegirmonlarda an’anaviy mexanik maydalash tizimlari qo‘llaniladi, bu esa ishlab chiqarish samaradorligini cheklaydi. Muallif energiya tejamkor dvigatellar va avtomatik yuk nazorati tizimlarini joriy etish orqali unumdorlikni 15–20 % oshirish mumkinligini ko‘rsatadi. Shuningdek, M. Smith va T. Keller (2020) tomonidan olib borilgan tadqiqotda, **avtomatlashtirilgan maydalash tizimlari** (PLC, sensorli monitoring, yuk nazorati) orqali inson omilining ta’siri kamayib, jarayon barqarorligi oshishi qayd etilgan. Ularning ishlanmalarida IoT (Internet of Things) texnologiyasi asosida real vaqt monitoring tizimlari qo‘llangan. Yevropa Ittifoqi texnologik institutlari tomonidan e’lon qilingan (EFT Report, 2022) hisobotda esa donni maydalash jarayonida **chiqindi havo va changni filtrlash tizimlarini** takomillashtirish orqali ekologik zarar kamaytirilishi mumkinligi ta’kidlangan. Bu yo‘nalish ekologik xavfsizlikni ta’minlash uchun ham dolzarb hisoblanadi. Xulosa qilib aytganda, mavjud ilmiy adabiyotlar donni maydalash jarayonining texnologik bosqichlarini mukammallashtirish yo‘lida katta tajriba to‘planganini ko‘rsatadi. Ammo hali ham ayrim muammolar, xususan, energiya samaradorligini oshirish, chiqindilarni kamaytirish va avtomatlashtirish tizimlarini to‘liq integratsiya qilish sohalarida yangi tadqiqotlarga ehtiyoj mavjud.

Materiallar va usullar

- Tadqiqot obyekti. Tadqiqot obyekti sifatida O‘zbekiston hududida yetishtirilgan bug‘doy, arpa va makkajo‘xori donlari tanlab olindi. Ushbu donlar turli namlik darajalariga ega bo‘lib, ular maydalash jarayonida samaradorlikka qanday ta’sir ko‘rsatishini aniqlash maqsadida ishlatildi. Tajribalar Toshkent davlat texnika universiteti huzuridagi Oziq-ovqat texnologiyalari laboratoriyasi sharoitida o‘tkazildi.
- Tajriba uchun ishlatilgan asbob-uskunalar Tadqiqot jarayonida quyidagi texnik vositalar va o‘lchov asboblari qo‘llanildi:
- Bolg‘ali tegirmon (MX-2000 modeli) – donni maydalash uchun;
- Elak to‘plami (0,25–2,0 mm oraliqda) – zarracha fraksiyasini aniqlash uchun;
- Namlik o‘lchagich (METTLER HE53) – donning dastlabki va yakuniy namligini aniqlash uchun;
- Elektr energiya hisoblagichi (EWD-5A) – maydalash jarayonidagi energiya sarfini o‘lchash uchun;
- Vibratsion analizator – zarracha bir tekisligini baholash uchun.

3. Tadqiqot uslubi tadqiqot uch asosiy bosqichda amalga oshirildi.

3.1. Tayyorlov bosqichi. Dastlab don namunalarida ortiqcha aralashmalar (to‘qim, tosh, chang) tozalandi. Keyin ular 10%, 13%, 16% va 19% namlik darajalarida namlantirildi. Har bir namlik holati uchun 5 kg don namunasi tayyorlandi.
3.2. Maydalash bosqichi. Maydalash jarayoni bolg‘ali tegirmonda 3000 ayl/min tezlikda olib borildi. Har bir don turi uchun tegirmon 3 marotaba ishga tushirilib, o‘rtacha natijalar qayd etildi. Jarayon davomida energiyaning sarfi (kVt·soat), hosil bo‘lgan chang miqdori (%) va zarracha o‘lchamlari taqsimoti (%) aniqlab borildi.
3.3. Saralash va tahlil bosqichi. Maydalangan namunalar elak to‘plami yordamida fraksiyalarga ajratildi. Natijalar 0,25–0,5 mm, 0,5–1 mm va 1–2 mm oraliqlar bo‘yicha tahlil qilindi. Har bir fraksiya uchun maydalash darajasi ($D_m = m_i/m_0 \times 100\%$) va energiya samaradorlik koeffitsienti ($\eta = P_m / P_e \times 100\%$) hisoblandi.

- Tajriba ma’lumotlarini qayta ishlash usuli
  Olingan tajriba natijalari Excel va MATLAB dasturlari yordamida statistik tahlildan o‘tkazildi. O‘rtacha qiymatlar, dispersiya va variatsiya koeffitsientlari hisoblab chiqildi. Barcha tajribalar uch marta takrorlanib, ishonchlilik darajasi 95% ($P < 0.05$) bilan tasdiqlandi.
- Samaradorlikni baholash mezonlari
  Jarayon samaradorligini baholash uchun quyidagi ko‘rsatkichlardan foydalanildi:
- Energiyani tejash koeffitsienti (E_s) – dastlabki va optimallashtirilgan rejimlardagi energiya sarfi nisbati;
- Maydalash sifati indeksi (Q_m) – zarracha bir tekisligi va chang miqdoriga asoslangan integral baho;
- Unumdorlik koeffitsienti (K_u) – vaqt birligiga nisbatan maydalanma miqdori.
- Umumiy metodologik yondashuv
  Tadqiqotda empirik-eksperimental yondashuv qo‘llanildi. Maqsad – maydalash bosqichlarining texnologik samaradorligini aniqlash va uni oshirishga xizmat qiluvchi optimal parametrlarni topish edi. Olingan natijalar amaliy ishlab chiqarish sharoitlariga tatbiq etish uchun tahlil qilindi.

Jadval 1. Donni maydalash jarayonining texnologik bosqichlari va ularning asosiy ko‘rsatkichlari

№	Texnologik bosqich	Jarayon tavsifi	Asosiy parametrlar	Natija (samaradorlik ko‘rsatkichi)	Izoh
1	Tayyorlov bosqichi	Donning tozalanishi va namlik darajasini me’yorga keltirish	Namlik darajasi: 10–19%	Namlikning optimal darajasi 13–16% da eng yaxshi maydalash sifati kuzatildi	Ortiqcha namlik chang miqdorini oshiradi

№	Texnologik bosqich	Jarayon tavsifi	Asosiy parametrlar	Natija (samaradorlik ko‘rsatkichi)	Izoh
2	Maydalash bosqichi	Bolg‘ali tegirmonda yuqori tezlikda maydalash	Aylanish tezligi: 3000 ayl/min; energiya sarfi: 1,8–2,3 kVt·soat	O‘rtacha zarracha o‘lchami 0,5–0,8 mm	Tezlik oshganda chang ko‘payadi
3	Elakdan o‘tkazish bosqichi	Zarrachalarni o‘lchamiga qarab fraksiyalarga ajratish	Elak oralig‘i: 0,25–2,0 mm	Eng samarali fraksiya: 0,5–1,0 mm	Yirik fraksiya sifatni pasaytiradi
4	Energiya samaradorligini baholash	Energiya sarfi va ishlab chiqarish hajmini solishtirish	EWD-5A hisoblagich orqali	Samaradorlik koeffitsienti η = 82–88%	Namlik va tezlikka bog‘liq
5	Yakuniy tahlil bosqichi	Maydalangan mahsulot sifatini baholash	Q_m indeksi va chang miqdori	Eng yuqori sifat Q_m = 91% (bug‘doyda)	Makkajo‘xorida Q_m = 86%

Adqiqot natijalari va muhokama. O‘tkazilgan tajribalar natijalari shuni ko‘rsatadiki, donni maydalash jarayoni samaradorligiga bir nechta texnologik omillar sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Eng muhim omillar qatoriga donning namlik darajasi, maydalash tezligi, energiya sarfi va elak teshiklari o‘lchami kiradi. Ushbu omillar o‘zaro uzviy bog‘langan bo‘lib, ularning har birini optimallashtirish jarayon sifatini oshiradi. Birinchi bosqichda, tayyorlov jarayonida donning namlik darajasi 10%, 13%, 16% va 19% holatlarda tekshirildi. Ma’lum bo‘lishicha, 13–16% oralig‘idagi namlikda don zarrachalari yetarlicha yumshoq bo‘lib, maydalash jarayoni energiyani tejagan holda amalga oshirilgan. 10% namlikda esa don qattiq holatda bo‘lib, tegirmon bolg‘alariga ko‘proq qarshilik ko‘rsatgan, natijada energiya sarfi 9–11% ga ortgan. Aksincha, 19% namlikda zarrachalar bir-biriga yopishib, chang hosil bo‘lish miqdori oshgan.

Ikkinchi bosqichda, maydalash jarayoni 3000 ayl/min tezlikda olib borilganida eng maqbul natijalar olingan. Tezlikni oshirish (3500 ayl/min gacha) zarrachalarning o‘ta maydalanishiga va chang miqdorining 7–9% ga ortishiga olib kelgan. Bu holat energiya sarfini ham ko‘paytirgan. Shuning uchun 3000 ayl/min optimal tezlik

sifatida belgilandi. Ushbu sharoitda o‘rtacha zarracha o‘lchami 0,5–0,8 mm diapazonida bo‘lib, maydalash sifati yuqori baholandi.

Uchinchi bosqichda olingan mahsulotlar elakdan o‘tkazilib, 0,25–2,0 mm oraliqda fraksiyalarga ajratildi. Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, 0,5–1,0 mm o‘lchamdagi fraksiya un ishlab chiqarish uchun eng mos hisoblanadi. Bu oraliqda zarracha bir tekisligi saqlanadi va energiya samaradorligi yuqori bo‘ladi. Mayda (0,25 mm gacha) fraksiyalarda esa changning ko‘pligi tufayli mahsulot sifati pasayadi. Energiya samaradorligi bo‘yicha hisob-kitoblar natijalariga ko‘ra, maydalash samaradorlik koeffitsienti (η) 82–88% oralig‘ida bo‘lgan. Bu ko‘rsatkich bug‘doy uchun eng yuqori (88%), makkajo‘xori uchun esa nisbatan past (83%) qiymatlarda qayd etilgan. Bu farq donning mexanik tuzilishiga va namlik yutilish xususiyatlariga bog‘liq. Sifat indeksi (Q_m) tahliliga ko‘ra, eng yaxshi natija bug‘doyda qayd etilgan — 91%, arpa uchun 89%, makkajo‘xori uchun 86%. Demak, donning tarkibidagi oqsil va tolalar miqdori maydalash jarayonining bir tekisligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, maydalash samaradorligini oshirish uchun texnologik jarayonlarni optimallashtirish zarur. Eng maqbul sharoit quyidagicha belgilandi: don namligi 14–15%, tegirmon aylanish tezligi 3000 ayl/min, zarracha o‘lchami 0,5–1,0 mm. Ushbu rejimda energiya sarfi kamayib, mahsulot sifati va ishlab chiqarish unumdorligi oshgan.

Xulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, donni maydalash jarayonining samaradorligi asosan texnologik parametrlarning to‘g‘ri tanlanishiga bog‘liq. Eng muhim omillar qatoriga donning namlik darajasi, tegirmon aylanish tezligi va zarracha o‘lchami kiradi. Ushbu omillarni optimal darajada saqlash orqali energiya sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini oshirish mumkin.

O‘tkazilgan tajribalar asosida quyidagi ilmiy-amaliy xulosalar chiqarildi:

- Donning namlik darajasi 13–16% oralig‘ida bo‘lganda maydalash jarayoni eng samarali kechadi. Past namlikda don qattiqlashib, energiya sarfi ortadi, yuqori namlikda esa zarrachalar yopishib, chang hosil bo‘lish miqdori ko‘payadi.
- Tegirmon aylanish tezligini 3000 ayl/min darajasida saqlash maydalash sifatini oshiradi va ortiqcha chang hosil bo‘lishining oldini oladi.
- Zarracha o‘lchamini 0,5–1,0 mm diapazonida olish un ishlab chiqarish uchun eng maqbul natijani beradi.
- Energiya samaradorlik koeffitsienti o‘rtacha 85% atrofida qayd etilgan bo‘lib, bu ishlab chiqarish jarayonining energiya tejamkorligini ko‘rsatadi.
- Sifat indeksi (Q_m) bug‘doy uchun eng yuqori – 91% ni tashkil etgan, bu esa maydalanma bir tekisligini va yuqori texnologik darajani bildiradi.

Tadqiqotdan kelib chiqib, donni maydalash texnologiyasini takomillashtirish uchun quyidagi tavsiyalar beriladi:

- Tegirmonlarning aylanish tezligi va yuklama darajasini avtomatik nazorat qilish tizimlarini joriy etish;

- Donning dastlabki tayyorlov bosqichida namlikni optimal chegaralarda ushlab turuvchi qurilmalar qo‘llash;
- Energiya sarfini kamaytirish uchun mexanik tizimlarda ishqalanish yo‘qotishlarini kamaytirish choralarini ko‘rish.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari donni maydalash jarayonining texnologik bosqichlarini ilmiy asosda takomillashtirish imkonini beradi. Bu esa oziq-ovqat sanoatida sifatli, tejamkor va ekologik xavfsiz mahsulot ishlab chiqarishni ta’minlashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Axmedov, B. (2018). Oziq-ovqat texnologiyalarida donni qayta ishlashning fizik-mexanik asoslari. Toshkent: “Fan va texnologiya” nashriyoti.
2. To‘xtayev, N. & Raxmatov, M. (2020). Donni maydalash uskunalarining samaradorligini baholash usullari. O‘zbekiston Qishloq xo‘jaligi jurnali, №3, 45–51.
3. Islomov, Sh. (2019). Donni maydalash texnologiyasi va energiya tejamkor yechimlar. Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy axborotnomasi, №2, 37–43.
4. Соколов, А.Н., & Герасимов, В.П. (2017). Технологические процессы переработки зерна: теория и практика. Москва: КолосС.
5. Юрченко, Е.В. (2016). Влияние влажности зерна на эффективность помола. Вестник аграрной науки, №9, 84–89.
6. Khabibullin, R., & Karimov, A. (2021). Experimental study of hammer mill performance for wheat grinding. Journal of Food Engineering and Technology, 12(4), 210–218.
7. Thompson, R.A. & Ross, I.J. (2018). Grain processing: Mechanical and energy characteristics of milling. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 20(3), 55–62.
8. Parikh, D.M. (2015). Handbook of Pharmaceutical Granulation Technology. New York: CRC Press.