DON MAHSULOTLARINI QURITISHDA QO‘LLANILADIGAN MAVJUD QURILMALARINING SINFLANISHI, QURITISH USULLARI VA TAHLILI

Yangiboyeva Raxbaroy Mashrabboy qizi
Andijon davlat texnika instituti, Mashinasozlik ishlab chiqarishini avtomatlashtirish kafedrasi doktoranti, Andijon, O‘zbekiston.
Telefon: (+998) 995 15 04, E-mail: yrakhbaroyaziza@gmail.com
ORCID: 0009-0004-8421-0706

Kirish. Don mahsulotlarini quritish — oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash, hosilning uzoq muddatli saqlanishi va uning oziqaviy sifat ko‘rsatkichlarini barqaror ushlab turish uchun eng muhim texnologik jarayonlardan biridir. Qadimdan insoniyat quyosh nuri va shamoldan foydalanib donni tabiiy quritgan bo‘lsa, sanoat rivojlanishi bilan birga turli xil quritish qurilmalari va texnologiyalari ishlab chiqildi. Hozirgi kunda don quritish texnologiyalari xilma-xilligi bilan ajralib turadi: barabanli va rotatsion barabanli quritgichlardan tortib, ustunli, shaftli, lentali, konveyerli, fluidizatsion va pnevmatik quritgichlargacha bo‘lgan keng turdagi konstruksiyalar mavjud.

Bundan tashqari, kamerali va shkafli quritgichlar ilmiy-tajriba va kichik xo‘jalik sharoitida qo‘llanilsa, tunnel va vakuumli quritgichlar yirik sanoat ishlab chiqarishida o‘zining o‘rniga ega. So‘nggi yillarda sovutish bosqichi bilan kombinatsiyalangan quritish tizimlari ham keng joriy qilinmoqda, bu esa donning sifatini yaxshilash va termik shikastlanishlarni kamaytirishga xizmat qilmoqda.

Shu bilan birga, har bir quritish konstruksiyasi va usulining o‘ziga xos afzalliklari va kamchiliklari mavjud. Afzalliklari ko‘proq samaradorlik, sifatni saqlash va avtomatlashtirish imkoniyatlari bilan bog‘liq bo‘lsa, kamchiliklari yuqori energiya sarfi, katta investitsiya talabi yoki mahsulotga yetkazilishi mumkin bo‘lgan shikastlanishlar bilan namoyon bo‘ladi. Zamonaviy ilmiy adabiyotlarda ushbu texnologiyalarning batafsil tahlili berilgan bo‘lib, ular amaliyotda qaysi sharoitda qaysi quritish tizimini qo‘llash maqsadga muvofiqligini ko‘rsatib beradi.

Rotatsion barabanli quritgichlar. Rotatsion barabanli quritgichlar oddiy barabanli quritgichlardan farqli ravishda ichki qismida maxsus “lifters” yoki “flights” deb ataladigan qanotchalar bilan jihozlangan bo‘ladi. Ushbu mexanik elementlarning vazifasi – donni baraban aylanishida yuqoriga ko‘tarib tashlash va issiq havo bilan aloqa yuzasini oshirishdir. Natijada issiqlik va massa uzatish samaradorligi keskin ortadi, quritish jarayoni tezlashadi va don qatlamlari tiqilib qolish xavfi kamayadi.

Shu bilan birga, kuchli mexanik aralashtirish don yuzasida ishqalanish kuchini kuchaytiradi, natijada mayda zarrachalarning shikastlanishi, chang hosil bo‘lishi ehtimoli ortadi[1]. Boshqa tomondan, energiya sarfi oddiy barabanli quritgichlarga qaraganda balandroq bo‘lishi mumkin. Ilmiy adabiyotlarda (Albayanres, 2015) rotatsion barabanli quritgichlar yirik ishlab chiqarish sharoitida yuqori samaradorlik ko‘rsatishi, biroq energiya tejamkorligi bo‘yicha muammolar mavjudligi ta’kidlanadi.

Ustunli (column/tower) quritgichlar. Ustunli quritgichlar don quritishda eng ko‘p qo‘llaniladigan sanoat tipidagi uskunalardan biridir. Bu qurilmalar odatda baland kolonna ko‘rinishida bo‘lib, don yuqoridan pastga qarab erkin tushadi va yon devorlardan yoki markazdan beriladigan issiq havo oqimi bilan quriydi. Afzalliklari orasida katta hajmdagi donni barqaror va samarali quritish, energiya tejamliligi hamda avtomatlashtirish imkoniyatining yuqoriligini keltirish mumkin[2]. Shu sababli ular ko‘pincha yirik elevatorlar va don qayta ishlash zavodlarida asosiy texnologik uskunalar sifatida qo‘llaniladi. Biroq, ustunli quritgichlarning o‘ziga xos kamchiliklari ham mavjud. Qurilma juda baland bo‘lgani uchun uni o‘rnatish katta kapital xarajatlarini talab qiladi. Shuningdek, havo oqimining taqsimotida gradientlar paydo bo‘lishi mumkin, bu esa quritish jarayonida donning turli qatlamlarida harorat va namlik farqlanishiga olib keladi[2]. Ilmiy maqolalarda bu muammo don sifatining barqaror emasligiga sabab bo‘lishi mumkinligi qayd etilgan.

Shaftli quritgichlar. Shaftli quritgichlar konstruksiyasi jihatidan ustunli quritgichlarga o‘xshash bo‘lib, farqi shundaki, ular odatda torroq shaft shaklida quriladi. Don yuqoridan tushib kelar ekan, pastdan yuqoriga qarab issiq havo oqimi beriladi va namlikning bug‘lanishi sodir bo‘ladi[2]. Afzalliklari – ixcham tuzilishi, issiqlik samaradorligining yuqoriligi hamda barqaror quritish jarayonini ta’minlashi. Bu qurilmalar kichik va o‘rta miqyosdagi ishlab chiqarish uchun qulay hisoblanadi. Shu bilan birga, shaftli quritgichlarning ayrim kamchiliklari mavjud. Ularning tuzilishi murakkab bo‘lib, xizmat ko‘rsatish va texnik ta’mirlash ishlari ko‘p vaqt va xarajat talab qiladi. Bundan tashqari, donlarning o‘lchamlari notekis bo‘lsa, havo oqimining ta’siri bir xil bo‘lmaydi va quritish samaradorligi pasayadi[3]. Zamonaviy ilmiy sharhlarda shaftli quritgichlarning afzalliklari va cheklovlari aniq ko‘rsatib berilgan.

Lentali / kamarli quritgichlar. Lentali yoki kamarli quritgichlarda don yupqa qatlam qilib maxsus lenta yoki kamar ustiga yoyiladi. Quritish jarayoni issiq havo oqimi yordamida amalga oshiriladi, ba’zi hollarda infraqizil yoki mikroto‘lqin manbalari qo‘shilib, jarayon tezlashtiriladi. Ushbu qurilmalar mahsulotning har bir qismi bilan issiqlik oqimining to‘liq aloqasini ta’minlaydi, natijada quritishning bir xilligi juda yuqori bo‘ladi. Bundan tashqari, ular tezlik jihatidan samarali va turli xil

mahsulotlar – don, urug‘, sabzavot yoki mevalar uchun moslashuvchan hisoblanadi. Kamchiliklari esa ko‘p hollarda amaliyotda seziladi. Qurilma katta maydon talab qiladi, konstruksiyasi murakkab va narxi yuqori[4]. Shuningdek, ishlatiladigan lenta mexanik kuchlanish va issiqlik ta’siri natijasida tez eskiradi, bu esa xizmat xarajatlarini oshiradi. Ilmiy manbalar lentali quritgichlarning samaradorligini qayd etib, lekin energiya sarfi va joy talabi kabi cheklovlarini ham ko‘rsatib o‘tgan.

Konveyerli quritgichlar. Konveyerli quritgichlar donni uzluksiz ravishda lenta orqali o‘tkazib quritish prinsipi asosida ishlaydi. Bu konstruksiyada don qatlamlari lenta ustida harakatlanadi va yuqoridan yoki pastdan issiq havo oqimi bilan quritiladi. Afzalliklari shundaki, jarayon to‘xtovsiz davom etadi, avtomatlashtirish imkoniyatlari keng va katta hajmdagi donni bir maromda quritish mumkin. Bunday tizimlar yirik sanoat korxonalarida qo‘llanilib, ishlab chiqarishning uzluksizligini ta’minlaydi.
Shu bilan birga, konveyerli quritgichlarning kamchiliklari ham mavjud. Ularni o‘rnatish va ishga tushirish uchun katta miqdorda dastlabki investitsiya talab qilinadi. Bundan tashqari, tozalash va xizmat ko‘rsatish jarayonlari murakkab bo‘lib, ko‘p vaqt va xarajat sarflashga to‘g‘ri keladi[5]. Ilmiy adabiyotlarda konveyerli quritgichlarning funksionalligi va samaradorligi qayd etilgan, ammo ekspluatatsion xarajatlari yuqoriligi ham alohida ta’kidlangan.

Fluidizatsion quritgichlar. Fluidizatsion quritgichlar donni yuqoriga qarab beriladigan havo oqimida “suzuvchi qatlam” holatiga keltirish orqali quritadi. Don zarrachalari havo oqimida suzib, bir-biridan ajralgan bo‘lgani uchun issiqlik va massa uzatish juda samarali amalga oshadi. Afzalligi shundaki, quritish jarayoni bir xilda kechadi, tezlik juda yuqori bo‘ladi va donning oziqaviy-sifat ko‘rsatkichlari yaxshi saqlanadi. Shu sababli fluidizatsion quritgichlar yuqori sifat talab qilinadigan urug‘lar va mahsulotlarda ko‘p qo‘llaniladi[6].
Biroq, bu qurilmalar katta havo quvvatini talab qiladi, natijada energiya sarfi yuqori bo‘ladi. Bundan tashqari, havo oqimida zarrachalar bir-biriga urilishi sababli don yuzasida mexanik shikastlanish yoki chang hosil bo‘lishi mumkin. Renewable & Sustainable Energy Reviews hamda ASABE jurnallarida chop etilgan maqolalarda fluidizatsion quritgichlarning yuqori tezlik va sifat afzalliklari bilan bir qatorda energiya samaradorligidagi muammolari ham qayd etilgan.

Pnevmatik quritgichlar. Pnevmatik quritgichlarda don issiq havo oqimida quvurlar orqali yuqori tezlikda tashiladi va shu jarayonda quriydi. Bu usulning asosiy afzalligi – quritish juda tez sodir bo‘ladi, qurilma ixcham bo‘ladi va uzluksiz ishlash imkoniyatiga ega. Shuningdek, pnevmatik quritgichlar ishlab chiqarish liniyalariga oson integratsiya qilinadi.
Kamchiliklari esa sezilarli: havo oqimining katta tezligi natijasida energiya sarfi juda yuqori bo‘ladi. Don zarrachalari bir-biriga va quvur devorlariga urilishi sababli

shikastlanish xavfi ortadi, chang ko‘p hosil bo‘ladi[7]. Ilmiy tadqiqotlarda pnevmatik quritgichlarning tezkorligi va moslashuvchanligi afzallik sifatida ko‘rsatilsa-da, yuqori energiya sarfi va zarracha shikastlanishi asosiy kamchilik sifatida ta’kidlanadi.

Kamerali quritgichlar. Kamerali quritgichlarda don yopiq kamerada joylashtirilib, issiq havo, infraqizil, mikroto‘lqin yoki vakuum kabi turli usullar yordamida quritiladi. Afzalligi – quritish jarayonining moslashuvchanligi: turli energiya manbalarini qo‘shish va kombinatsiya qilish mumkin. Shu bilan birga, donning oziqaviy sifat ko‘rsatkichlari ehtiyotkorlik bilan saqlanadi, chunki quritish parametrlari nozik boshqariladi.
Kamchiliklari esa shundaki, bunday qurilmalar odatda kichik hajm uchun mos, sikl vaqti uzoq va yuqori unum talab qilinadigan ishlab chiqarish uchun samarali emas[8]. Ilmiy sharhlar kamerali quritgichlarning moslashuvchanligini yuqori baholab, ammo katta hajmli ishlab chiqarishdagi cheklovlarini ochiq ko‘rsatadi.

Shkafli quritgichlar. Shkafli yoki tray quritgichlar eng sodda konstruksiyalardan biri bo‘lib, mahsulot javonlarga yoki patnislarga joylashtiriladi va issiq havo oqimida quritiladi[9]. Afzalligi – arzon, tuzilishi oddiy va kichik hajmli urug‘lar yoki mahsulotlar uchun juda qulay. Bu qurilmalar ko‘pincha ilmiy laboratoriyalarda, kichik tadqiqot ishlari yoki tajribaviy quritish jarayonlarida qo‘llaniladi.
Kamchiligi – havo taqsimoti notekis bo‘lib, quritish jarayonining bir xilligi past bo‘ladi. Shu sababli bir vaqtning o‘zida katta hajmni quritish qiyin. Bundan tashqari, jarayon mehnat talabchan, chunki mahsulotni qo‘lda joylashtirish va chiqarib olish zarur. JoVE va IDOSI manbalarida ushbu quritgichlarning ishlash prinsipi va cheklovlari batafsil yoritilgan.

Tunnel quritgichlar. Tunnel quritgichlar — yirik sanoat korxonalarida keng qo‘llaniladigan konstruksiyalardan biridir. Ularning asosiy prinsipi shundan iboratki, don uzun tunnel bo‘ylab aravachalar yoki lenta orqali harakat qiladi, shu paytda issiq havo oqimi bilan quritiladi. Quritish jarayonini samarali qilish uchun tunnel bir necha zonalarga bo‘linadi, har bir zonada havo harorati va nisbiy namlik alohida boshqariladi. Bu esa bosqichma-bosqich quritish imkonini beradi[10].

Afzalliklari orasida eng muhimlari — katta hajmdagi donni uzluksiz quritish imkoniyati va jarayonni zonal boshqarish orqali nazorat qilishdir. Biroq, tunnel quritgichlar juda katta maydon talab qiladi va qurilma o‘rnatilishi ham, texnik xizmat ko‘rsatish ham katta investitsiyalarni talab etadi. Shuningdek, havo taqsimoti bo‘yicha barqaror profilni saqlash qiyinligi ilmiy maqolalarda alohida muammo sifatida tilga olinadi (ResearchGate, 2022).

Sovutish bilan quritish. So‘nggi yillarda keng qo‘llanilayotgan usullardan biri — quritish jarayonini sovutish bosqichi bilan birlashtirishdir. Don avval issiq havo

oqimida quritilib, so‘ngra sovuq havo bilan sovutiladi. Bu jarayon donning ichki va tashqi qatlamlari o‘rtasida harorat va namlik muvozanatini tiklashga yordam beradi.

Bunday yondashuvning afzalligi shundaki, don yorilishining oldi olinadi, termik shikastlanish kamayadi va yakuniy sifat yaxshilanadi. Don saqlashga tayyor holga keltiriladi, bu esa oziq-ovqat xavfsizligi va mahsulot sifatini kafolatlaydi. Shu bilan birga, sovutish bosqichini qo‘shish tizimni murakkablashtiradi va qimmatlashtiradi. Jarayonni boshqarish ham nozik nazorat talab qiladi[11]. Ilmiy adabiyotlarda energiya tahlillari va tajribalar sovutishning don sifatiga ijobiy ta’sirini tasdiqlaydi, biroq murakkablik va qo‘shimcha xarajatlarni ham qayd etadi.

Vakuumli quritgichlar. Vakuumli quritgichlar asosan yuqori sifatli, oziqaviy moddalari saqlanishi kerak bo‘lgan mahsulotlar uchun mo‘ljallangan. Quritish jarayoni past bosim ostida olib borilgani sababli, suvning bug‘lanish harorati pasayadi va mahsulot past haroratlarda quritiladi. Shu sababli oziqaviy va biologik faol moddalar maksimal darajada saqlanib qoladi.

Afzalliklari shubhasiz — past haroratda ishlash va sifatni yuqori darajada saqlash. Lekin vakuumli quritgichlarning kamchiliklari ham ancha sezilarli: uskunaning narxi yuqori, energiya sarfi katta va ular katta hajmli ishlab chiqarish uchun mos emas[12]. Ilmiy manbalarda vakuum quritish jarayonining tezkorligi va sifat afzalliklari qayd etilgan bo‘lsa-da, sanoat ko‘lamida qo‘llashda iqtisodiy jihatdan samarador emasligi ta’kidlanadi.

Quyosh quritgichlar. Quyosh quritgichlar insoniyat foydalanayotgan eng qadimiy va tabiiy quritish texnologiyasi hisoblanadi. Ularning asosiy prinsipi — quyosh nuri va shamol yordamida don namligini kamaytirishdir. Qurilmalari juda oddiy, xarajati deyarli yo‘q va ekologik jihatdan mutlaqo toza.

Afzalliklari orasida arzonligi, energiya tejamkorligi va ekologik tozaligi alohida ajralib turadi. Biroq bu quritgichlarning katta kamchiligi ham mavjud. Ularning samaradorligi ob-havo sharoitiga bog‘liq: quyosh chiqmasa yoki namlik yuqori bo‘lsa, jarayon sekinlashadi. Bundan tashqari, gigiyenik xavf yuqori, quritish bir xilda bo‘lmaydi va mahsulot sifati turlicha bo‘lib qolishi mumkin. Ilmiy maqolalarda (ScienceDirect) quyosh quritgichlarning kichik xo‘jaliklar uchun hamyonbop yechim ekanligi, biroq gigiyena va sifat bir xilligi muammolari mavjudligi ta’kidlanadi.

Xulosa. Umuman olganda, don quritish texnologiyalarining xilma-xilligi ularning turli ishlab chiqarish sharoitlari va maqsadlariga moslashganini ko‘rsatadi, biroq barabanli va ayniqsa rotatsion barabanli quritgichlar boshqa qurilmalar bilan solishtirilganda o‘zining universal qo‘llanilishi, konstruktiv soddaligi va yuqori ishlab chiqarish samaradorligi bilan ajralib turadi. Bunday qurilmalar katta hajmdagi donni qisqa vaqt ichida quritish imkoniyatini beradi, issiqlik va massa uzatish samaradorligi yuqori bo‘lib, tiqilishga moyillik kamligi tufayli sanoat sharoitida

uzluksiz ishlashga qulay hisoblanadi. Shuningdek, ularning ekspluatatsiyasi boshqa murakkab konstruksiyalarga qaraganda ancha oson va arzon, texnik xizmat ko‘rsatishning soddaligi esa yirik elevatorlar va qayta ishlash korxonalarida keng tarqalishiga sabab bo‘lgan. Albatta, energiya sarfi va don yuzasida mexanik shikastlanish ehtimoli kabi ayrim cheklovlar mavjud, biroq samaradorlik, unumdorlik va moslashuvchanlik jihatidan barabanli quritgichlar don quritish sanoatida haligacha yetakchi o‘rinni egallab kelmoqda. Shu bois, kelgusida ham bu konstruksiyalar texnologik yangiliklar, masalan, mikroto‘lqinli yoki infraqizil isitish tizimlari bilan birlashtirilib, energiya samaradorligi oshirilgan holda yanada mukammallashtirilishi kutilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A. Delele, F. Weigler, and J. Mellmann Advances in the Application of a Rotary Dryer for Drying of Agricultural Products: A Review. Drying Technology, 33: 541–558, 2015
2. Pengpeng Yu [1,*], Wenhui Zhu [2], Chaoping Shen. Current Status of Grain Drying Technology and Equipment Development: A Review. Foods. 2025 Jul 9;14(14):2426. doi: 10.3390/foods14142426
3. L. Kocsis 1, I. Keppler2, M. Herdovics1, L. Fenyvesi1 and I. Farkas3. Investigation of moisture content fluctuation in mixed-flow dryer. Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue 1, 99-105, 2011
4. Hany S El-Mesery 1, Gikuru Mwithiga. Performance of a convective, infrared and combined infrared- convective heated conveyor-belt dryer. J Food Sci Technol. 2014 Apr 15;52(5):2721–2730. doi: 10.1007/s13197-014-1347-1
5. Dawit Andualem Asrate, Addisu Negash Ali. Review on the recent trends of food dryer technologies and optimization methods of drying parameters. Applied Food Research Volume 5, Issue 1, June 2025, 100927
6. Author links open overlay panelR. Sivakumar, R. Saravanan, A. Elaya Perumal, S. Iniyan. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Fluidized bed drying of some agro products – A review Volume 61, August 2016, Pages 280-301
7. Salem Banooni, Ebrahim Hajidavalloo, Masoud Dorfeshan Experimental and numerical study of the effects of pre-drying of S-PVC using a pneumatic dryer. Powder Technology. Volume 338, October 2018, Pages 220-232.
8. Pengpeng Yu 1,*, Wenhui Zhu 2, Chaoping Shen. Current Status of Grain Drying Technology and Equipment Development: A Review. Foods. 2025 Jul 9;14(14):2426. doi: 10.3390/foods14142426
9. Michael G. Benton and Kerry M. Dooley, Department of Chemical Engineering, Louisiana State University, Baton Rouge, LA. Using a Tray Dryer to Investigate Convective and Conductive Heat Transfer. JoVE Science Education April 11, 2017.

10. Rossi Indiarto, Fatsyarien Citra. Conventional And Advanced Food-Drying Technology: A Current Review Article in International Journal of Scientific & Technology Research · January 2021

11. Hasan Tarek Mondal [a], Md. Sazzat Hossain Sarker [b] Comprehensive energy analysis and environmental sustainability of industrial grain drying. Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 199, July 2024, 114442

12. Zang, Z.; Huang, X.; He, C.; Zhang, Q.; Jiang, C.; Wan, F. Improving Drying Characteristics and Physicochemical Quality of Angelica sinensis by Novel Tray Rotation Microwave Vacuum Drying. Foods 2023, 12, 1202. https://doi.org/10.3390/foods12061202

13. M.C. Ndukwu a, Matthew Ibeh b, Bassey B. Okon c, Progressive review of solar drying studies of agricultural products with exergoeconomics and econo-market participation aspect. Cleaner Environmental Systems Volume 9, June 2023, 100120

