

**TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA AGROTEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/2025.27.12.T.14.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA AGROTEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI**

BOYKULOV URAL TURDIYEVICH

**BALIQ VA PARANDALAR UCHUN GRANULALANGAN OZUQA
TAYYORLASH QURULMASI PARAMETRLARI VA ISH REJIMLARINI
ASOSLASH**

**05.07.01 – Qishloq xo‘jaligi va melioratsiya mashinalari. Qishloq xo‘jaligi va melioratsiya
ishlarini mexanizatsiyalash**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA
doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
dissertasiyasi avtoreferati mundarajasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора
философии (PhD) по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of
philosophy (PhD) on technical sciences**

Boykulov Ural Turdiyevich

Baliq va parandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlash
qurulmasi parametrlari va ish rejimlarini asoslash..... 3

Бойкулов Урал Турдиевич

Обоснование параметров и рабочих режимов устройства
для приготовления гранулированных кормов для рыб и птиц..... 21

Boykulov Ural Turdiyevich

Justification of the parameters and operating modes of
a granulated feed production device for fish and poultry..... 41

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works..... 44

**TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA AGROTEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/2025.27.12.T.14.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA AGROTEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI**

BOYKULOV URAL TURDIYEVICH

**BALIQ VA PARANDALAR UCHUN GRANULALANGAN OZUQA
TAYYORLASH QURULMASI PARAMETRLARI VA ISH REJIMLARINI
ASOSLASH**

**05.07.01 – Qishloq xo‘jaligi va melioratsiya mashinalari. Qishloq xo‘jaligi va melioratsiya
ishlarini mexanizatsiyalash**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA
doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati**

TERMIZ – 2026

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.4.PhD/T4281 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezюме)) Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universitetida ilmiy kengashning veb-sahifasida (<https://tdmu.uz/>) hamda "ZiyoNet" axborot-ta'lim portalida (www.ziyo.net/uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Borotov Atxam Nurmuxammadovich
texnika fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent

Rasmiy opponentlar:

Imomqulov Qutbiddin Boqljonovich
texnika fanlari doktori, (DSc), katta ilmiy xodim

Qurbonov Fazliddin Qulmamatovich
texnika fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent

Yetakchi tashkilot:

I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD. 03/2025.27.12.T.14.02 raqamli ilmiy kengashning 2026-yil "10" oktabr kuni soat 13:00 dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 190100, Termiz sh., Islom Karimov ko'chasi, 288 A-uy. Tel.: (+99876) 221-87-20; e-mail: termizmti@mail.ru.

Dissertatsiya bilan Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 09-raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 190100, Termiz sh., Islom Karimov ko'chasi, 288 A-uy. Tel.: (+99876) 221-87-20; e-mail: termizmti@mail.ru (Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti yangi bino).

Dissertatsiya avtoreferati 2026-yil "26" sentabr kuni tarqatildi.

(2026-yil "16" iyundagi 09-raqamli reestr bayonnomasi).



M.K.Urozov

Ilmiy daraja beruvchi ilmiy kengash raisi,
texnika fanlari doktori, professor.

B.E.Qarshiyev

Ilmiy daraja beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, texnika fanlari falsafa doktori, dotsent.

F.U.Karshiyev

Ilmiy daraja beruvchi ilmiy kengash huzuridagi ilmiy seminar raisi, texnika fanlari doktori, dotsent.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda parrandachilik va baliqchilikni rivojlantirish, ularning ozuqa bazasini mustahkamlash uchun boyitilgan tarkibli ozuqalar tayyorlashni amalga oshiradigan qurilmalarni ishlab chiqarish va ularni amaliyotda qo'llash yetakchi o'rinlardan birini egallamoqda. "Dunyo miqyosida yetishtirilayotgan go'sht mahsulotlarining 30 foizini parranda go'shti, 20 foizini baliq go'shti tashkil etishini hisobga olsak", baliq va parrandalarni yuqori qiymatli ozuqalar bilan boqib mahsuldorligini oshirish uchun konsentrlangan ozuqalarga turli xil vitamin va qo'shimchalar qo'shib, ularni granulalangan ko'rinishga keltirib beradigan energiya va metall sarfi kam granulalash qurilmalaridan foydalanishga o'tish taqozga etiladi. Shu jihatdan, baliq va parrandalar uchun kam energiya va resurs sarflab, yuqori sifatli granulalangan ozuqa tayyorlash imkonini beradigan qurilmalarni amaliyotga keng joriy etish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda maydalangan donli ozuqalarga turli xil ozuqa qo'shimchalari va vitaminlar qo'shib, ulardan tarkibi boyitilgan yuqori samarali granulalangan ozuqalar tayyorlashning resurs tejamkor texnologiyalari va ularni amalga oshiradigan texnika vositalarining yangi ilmiy-texnikaviy yechimlarini ishlab chiqishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, jumladan makkajo'xori, bug'doy, suli, arpa, javdar va boshqa maydalangan donlar hamda ozuqa qo'shimchalari va vitaminlar aralashmasidan baliq va parrandalar uchun talab etilgan o'lchamda va yuqori sifatda granulalangan ozuqa tayyorlash imkonini beradigan energiya va resurstejamkor qurilmalarni va ularning ishchi qismlarini yaratishga alohida e'tibor berilmoqda. Shu jihatdan maydalangan donli ozuqalar va ularga aralashtirilgan turli xil ozuqa qo'shimchalari va vitaminlarni gorizontalk tekislikda aylanadigan presslash roligi bilan kirish qismi konussimon qilingan matritsa ko'zlariga uzluksiz zichlab kiritish orqali baliq va parrandalar uchun talab darajasidagi zichlik va o'lchamga ega granulalangan ozuqa tayyorlash imkonini beradigan qurilmani ishlab chiqish, uning texnologik ish jarayoni hamda ishchi qismlarining parametrlarini asoslash dolzarb hisoblanadi.

O'zbekistonda baliq va parranda yetishtirish bilan shug'ullanadigan xo'jaliklarning moddiy-texnika bazasini mustahkamlash, ozuqa ishlab chiqarishda sifat va miqdor ko'rsatkichlarini oshirish, energiya va resurslar sarfini kamaytirish imkonini beradigan qurilma va jihozlarni ishlab chiqish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning yangi taraqqiyot strategiyasida, jumladan "qishloq xo'jaligini ilmiy asosda intensiv rivojlantirish orqali dehqon va fermerlar daromadini kamida 2 baravar oshirish, qishloq xo'jaligining yillik o'sishini kamida 5 foizga yetkazish" vazifalari belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda baliq va parrandalar uchun talab etilgan o'lchamdagi yuqori sifatli granulalangan ozuqalar tayyorlashni amalga oshiradigan qurilmalarni ishlab chiqish muhim vazifalardan hisoblanadi.

Ushbu dissertatsiya tadqiqoti O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi "2022 – 2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF-60-son va 2024-yil 16-fevraldagi

“Respublikasida oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashning qo‘shimcha chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-36-son farmonlari, 2021-yil 14-iyundagi “Parrandachilikni rivojlantirish va tarmoq ozuqa bazasini mustahkamlashga qaratilgan qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-5146-son, 2022-yil 13-yanvardagi “Baliqchilik tarmog‘ini yanada rivojlantirishning qo‘shimcha chora-tadbirlar tug‘risida”gi PQ-83-son va 2024-yil 12-dekabrda “Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash darajasini yanada oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-431-son qarorlari hamda mazkur sohaga tegishli boshqa meyoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Tadqiqot yo‘nalishi respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II “Energetika, energiya va resurstejamkorlik” ustuvor yo‘nalishiga mos keladi.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlash texnologiyalari, ozuqa aralashtirish va granulalash qurilmalarining parametrlari hamda ish rejimlarini asoslash bo‘yicha xorijiy olimlardan Lawrence Tabil, Shahab Sokhansanj, Thomas S. Behnke, Harold Pfost, Menahem Peleg, Adewumi Fasina, Paul Mc. Ellhiney kabi tadqiqotchilar tomonidan ilmiy izlanishlar olib borilgan. Ularning tadqiqotlarida granulalash jarayonining nazariy asoslari, granulalarning fizik-mexanik xususiyatlari, ozuqa aralashmalarining namligi va zichligining granulalash sifatiga ta’siri, press-granulyatorlarning ish unumdorligi hamda energiya sarfini kamaytirish masalalari keng yoritilgan. Rossiya va MDH davlatlarida ushbu yo‘nalishda Anatoliy N. Ostrikov, V.I. Syrovatka, A.V. Semenov, B.L. Ivanov, Yu.A. Povoloskiy, N.P. Maruk kabi olimlar tomonidan yem tayyorlash texnologiyasi, granulalash uskunalari takomillashtirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar amalga oshirilgan.

O‘zbekistonda baliq va parrandalar uchun turli xil ozuqalar tayyorlash qurilmalarini ishab chiqish hamda ularning ish rejimlarini tadqiq etish va parametrlarini asoslash bo‘yicha K.Astanaqulov, F.Qarshiyev, D.Alijanov, A.Xatamov, A.Borotov, Y.Jumatov, Sh.Abduraxmonov va boshqalar tomonidan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan.

Biroq mavjud ilmiy tadqiqotlarda granulalash qurilmasining asosiy ishchi organlari - matritsa, presslash roligi va bunker tizimining o‘zaro bog‘liq parametrlarini kompleks ravishda asoslash, ularning optimal ish rejimlarini aniqlash hamda energiya-resurs tejamkor texnologik yechimlarni ishlab chiqish masalalari yetarli darajada o‘rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya ishining mavzusi Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining №1/2025 “Baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlashda aralashtirgich, miqdorlagich-yuklagich va granulyator qurilmalaridan foydalanish bo‘yicha tavsiyalar” mavzusidagi xo‘jalik shartnomalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi: baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlash qurilmasi texnologik jarayonini takomillashtirish, parametrlari va ish

rejimlarini asoslash orqali mahsulot sifati va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari: qo'yilgan maqsadga erishish uchun tadqiqot ishining asosiy vazifalari etib quyidagilar belgilab olindi:

baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa ishlab chiqarish jarayoni bo'yicha jahon va milliy tadqiqotlarni tahlil qilish va qayta ishlash usullari va granulalash jarayonining fizik-kimyoviy qonuniyatlarini o'rganish;

ozuqani granulalash jarayonida energiya sarfini kamaytirish va samaradorlikni oshirish bo'yicha yangi texnologik yechimlarni ishlab chiqish va mahalliy xomashyolardan samarali foydalanishni ta'minlash;

olingan natijalar asosida baliq va parrandalar uchun ozuqa ishlab chiqaruvchi korxonalarga tavsiyalar tayyorlash yangi texnologiya va uskunalarni ishlab chiqarish jarayoniga joriy qilish bo'yicha amaliyotga asoslangan takliflar ishlab chiqish.

Tadqiqotning ob'ekti baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlash jarayoni bo'lib, u ozuqani qayta ishlash, granulalash texnologiyasi va uskunalarning ishlash parametrlarini qamrab oladi.

Tadqiqotning predmetini turli xil xom-ashyolardan baliq va parrandalar uchun granula tayyorlash qurilma ishchi qismlarining xom-ashyo tarkibidagi qo'shilmalar bilan o'zaro ta'sirlashish jarayonlarini ifodalovchi matematik modellar, granulalash jarayonining texnologik parametrlari, granulalash jarayonining ish rejimlari, o'zuqa granulalarining fizik-ozuqaviy xususiyatlari, granulalash uskunalari va texnologiyalar, granulalash jarayonini avtomatlashtirish va modellashtirish hamda ularning parametrlarini aniqlash imkonini beradigan analitik bog'lanishlar, qurilma parametrlari va ish rejimlariga bog'liq holda ish ko'rsatkichlarining o'zgarish qonuniyatlaridan iborat.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida matematikaviy tahlil va hisoblash qoidalari, nazariy mexanika qonuniyatlari, olingan natijalarga statistik ishlov berish usullari, granula tayyorlash darajasini aniqlashda g'alvirli klassifikatsiyalash, bir omilli tajribalar hamda mavjud me'yoriy hujjatlarda belgilangan usullardan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

baliq va parrandalar uchun talab etilgan o'lchamdagi granulalangan ozuqalarni ishlab chiqarish imkonini beradigan o'zgaruvchan ko'zli matritsa va burovchi momenti oshirilgan presslash roligiga ega energiyatejamkor granulalash qurilmasi konstruksiyasi ishlab chiqilgan;

granulalash qurilmasi bunker va presslash kamerasi hajmi uning texnologik ish jarayonida belgilangan ish unumini ta'minlab turish uchun yetarli miqdorda ozuqa aralashmasi hajmini hosil qilib turish va bu ozuqa miqdori zichlash roligi tomonidan qamrab olinib, matritsa ko'zlaridan pastga granula ko'rinishiga keltirilib o'tkazib yuborilayotgan ozuqa miqdoridan kam bo'lmasligi hamda rolik tomonidan ajratib olinayotgan ozuqa aralashmasiga yuqoridan uzluksiz bosim berib turish shartidan kelib chiqib asoslangan;

qurilma presslash roligining diametri va aylanishlar soni roliklar tomonidan kerakli qalinlikdagi xom ashyoni qamrab olib, uni yuqori bosim ostida zichlash va

qatlamlab yotqizish orqali matritsa ko‘zlariga bir tekis bosib kiritishni hisobga olgan holda ishqalanish va tik bosim kuchlarining o‘zaro nisbati asosida aniqlangan;

granulalash qurilmasi matritsasi ko‘zlarining diametri va joylashish shakli baliq va parrandalar uchun kerakli o‘lchamdagi bir xil uzunlikdagi granulalarni shakllantirish va roliklar tomonidan yo‘naltirilayotgan xom ashyoni uzluksiz o‘tkazishni hisobga olgan holda asoslangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

maydalangan don va turli xil ozuqa qo‘shimchalari hamda vitaminlar aralashmasidan baliq va parrandalar uchun kerakli o‘lcham va zichlikda granulalangan ozuqa tayyorlash imkonini beradigan takomillashtirilgan zichlash roligi va matritsaga ega granulalash qurilmasi ishlab chiqilgan;

ishlab chiqilgan granulalash qurilmasi qo‘llanilganda zootexnik talablarga javob beradigan bir xil uzunlik va zichlikka ega granulalangan ozuqalar olinishi hisobiga uning ish sifati yaxshilanishi, ish unumi ortishi va ekspluatatsion sarf-xarajatlarning kamayishi aniqlangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi Izlanishlarning zamonaviy va samarali uslub va vositalaridan foydalangan holda o‘tkazilganligi, granulyator qurilmaning parametrlari va ish rejimlarini nazariy jihatdan asoslash, nazariy va amaliy tadqiqotlar natijalarining o‘zaro adekvatligi, ishlab chiqilgan qurilma sinovlarining ijobiy natijalari va amaliyotga joriy etilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlashga mo‘ljallangan qurilmalarning ish jarayoniga, konstruktiv va texnologik parametrlariga doir ilmiy asoslangan yechimlar ishlab chiqilganligi, ushbu sohada olib borilayotgan ilmiy izlanishlarga yangi yo‘nalish va uslublar olib kirilganligi hamda ishlab chiqilgan mexanik-matematik modellar va analitik bog‘lanishlardan boshqa shunga o‘xshash qurilmalarning ishchi qismlarni tadqiq etishda etishda qo‘llash mumkinligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati yaratilgan granulalash qurilma mahalliy sharoitda, ayniqsa kichik va o‘rta fermer xo‘jaliklari uchun texnik va iqtisodiy jihatdan maqbul qurilma sifatida ishlab chiqilganligi va undan chorva mollari uchun ham granulalangan ozuqa tayyorlashda foydalanish mumkinligi, sarf-xarajatlar kamayishi hisobiga tayyorlangan ozuqaning tannarxi pasayishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlash qurilmasi parametrlari va ish rejimlarini asoslash bo‘yicha olingan natijalar asosida:

o‘zgaruvchan ko‘zli matritsa va burovchi momenti oshirilgan presslash roligiga ega granulalash qurilmasiga O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi “Intellektual mulk markazi” davlat muassasasining foydali modelga patenti olingan (“Press granulyator” FAP 2858 – 2025 y). Natijada kam energiya sarflagan holda baliq va parrandalar uchun kerakli o‘lchamdagi granulalangan ozuqa ishlab chiqarish imkonini beradigan qurilmaning konstruksiyasi ishlab chiqilgan;

baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlash qurilmasiga dastlabki talablar va texnik topshiriqlar tasdiqlangan hamda qurilmani yasash

jarayoniga joriy etilgan (Qishloq xo'jaligida bilim va innovatsiyalar milliy markazining 2025-yil 30-maydagi 05/04-04-285-son ma'lumotnomasi). Natijada, baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlaydigan ish sifati yuqori, energiya-resurstejamkor qurilmani ishlab chiqarish imkoniyati yaratilgan;

granulalangan ozuqa tayyorlash qurilmasi Surxondaryo viloyati Qumqo'rg'on tumani, Jarqo'rg'on tumani va Termiz tumani fermer xo'jaliklarida joriy etilgan (Qishloq xo'jaligida bilim va innovatsiyalar milliy markazining 2025-yil 30-maydagi 05/04-04-285-son ma'lumotnomasi). Natijada mavjud qurilmalarga nisbatan energiya sarfi va foydalanishdagi to'g'ridan-to'g'ri xarajatlarning 1,2 martagacha kamayishiga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 2 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 10 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarni chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 6 ta maqola, jumladan, 4 tasi respublika va 2 tasi xorijiy jurnallarda e'lon qilingan hamda O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi "Intellectual mulk markazi" davlat muassasasining FAP 2858 foydali modelga patenti olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, umumiy xulosalar, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 103 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

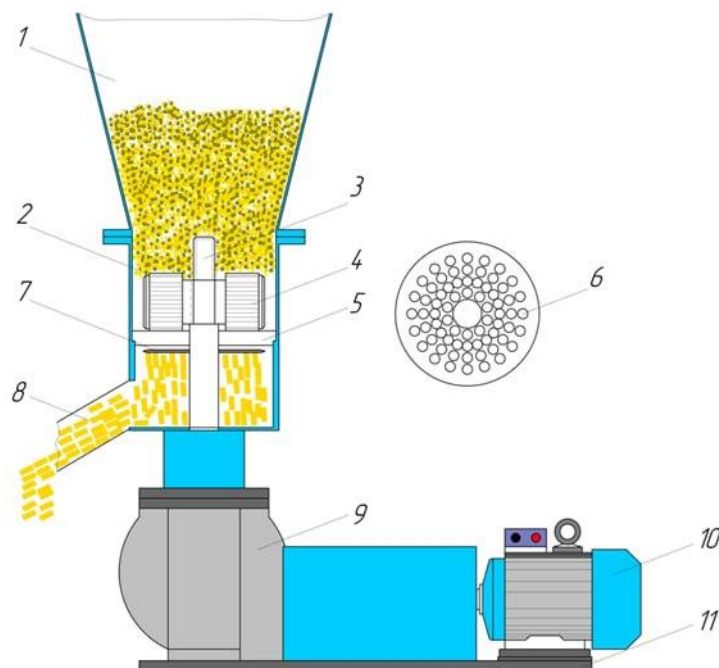
Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqot maqsadi va vazifalari, ob'yekti va predmetlari tavsiflangan, mavzuning respublika fan va texnologiyalari taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon etilgan, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati yoritilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilganligi, ishning aprobatsiya natijalari, e'lon qilingan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **"Masalaning holati, tadqiqot maqsadi va vazifalari"** deb nomlangan birinchi bobida baliq va parranda yetishtirish va boqishning bugungi holati, baliq va parrandalarga granulalangan ozuqalarni tayyorlashga qo'yiladigan talablar, granula tayyorlashda qo'llaniladigan granulatorlar tahlili, granula tayyorlash apparatlari va qurilmalarining sharhi, granulali ozuqalarni tayyorlashga oid ilmiy-tadqiqot ishlarining tahlili, granula tayyorlashda ishlatiladigan mahsulotlarining fizik-mexanik xususiyatlari, tadqiqot maqsadi va vazifalari asoslangan.

Dissertatsiyaning **"Granulyator qurilmaning parametrlari va ish rejimlarini nazariy tadqiq qilish"** deb nomlangan ikkinchi bobida presslangan qatlamdan granula massasining bir qismini kesib ajratish bosimini aniqlash, Matrisaning konussimon kanalidagi bosimni aniqlash, Ajratilgan elementning plastik deformatsiya quvvatini aniqlash, Matrisaning silindrik kanalidagi bosimni aniqlash to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan.

Tavsiya qilinayotgan granula tayyorlash qurilmasini konstruksiyasi va texnologik ish jarayoni, ularni tadqiq etish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar hamda ozuqalarning tarkibiy tuzilishini o'rganish asosida kichik xo'jaliklari uchun ixcham variantdagi yengil konstruksiyaga ega ozuqa aralashtirgich qurilmasi ishlab chiqildi (1-rasm).

Ishlab chiqilgan qurilma konstruksiyasidagi yangiliklarga O'zR Adliya vazirligi huzuridagi "Intellectual mulk markazi" davlat muassasasining foydali modelga FAP № 2858 raqamli patenti olindi.



1-bunker, 2-presslash kamerasi, 3-asosiy val, 4-zichlash roligi, 5-matritsa, 6-matritsa teshiklari, 7-bo'laklash pichog'i, 8-chiqish novi, 9-reduktor, 10-elektrodvigatel, 11-rama.

1-rasm. Granula tayyorlash qurilmaning texnologik sxemasi

Granulalash qurilmasida texnologik ish jarayoni quyidagicha amalga oshadi. Granulalanadigan mahsulot qurilma bunkeri 1 ga kelib tushadi va u orqali presslash kamerasi 2 ga o'tadi. Presslash kamerasi ichida asosiy val 3 o'rnatilgan bo'lib, unga zichlash roligi 4 o'rnatilgan va u asosiy val bilan aylanma harakatga keltirilganda matritsa 5 ustidagi presslanadigan mahsulot uyumining ma'lum bir qalinlikdagi qismini qatlamlab bosib o'tadi va ularni matritsa teshiklari ichiga zichlab kiritadi.

Mahsulotning ortiqcha qismi esa roliklar ustidan oshib o'tib, uning keyingi aylanib kelishida rolikning old qismiga tushaveradi va qisqa vaqt ichida matritsa teshiklari ichi zichlangan mahsulotga to'lib borib, yuqoridan berilayotgan bosim hisobiga pastga siljiydi va granula ko'rinishida matritsadan pastga chiqadi. Matritsaning pastki qismida asosiy valga bo'laklash pichog'i 7 o'rnatilgan bo'lib, u ham val bilan birga aylanib, matritsa teshiklaridan chiqqan granulalarni belgilangan uzunlikda bo'laklarga sindirib ajratadi. Bo'laklangan granular pastga tushib, chiqish novi 8 orqali tashqariga chiqib keladi. Granulalash qurilmasi asosiy valiga harakat

reduktor 9 orqali elektrodvigatel 10 dan beriladi. Ular qurilma ramasi 11 ga o'rnatilgan.

Granulalash qurilmasining texnologik ish jarayoni tahlili shuni ko'rsatadiki, qurilma ish jarayonida uning kerakli ish unumini ta'minlash ko'p jihatdan qurilma bunkeri va ishchi kamerasing hajmiga hamda zichlash roligining ishiga bog'liq. Shu sababli nazariy tadqiqotlarda qurilma texnologik ish jarayonini ushbu omillarga bog'liq ravishda tadqiq etamiz.

Granulalash qurilmasi bunkeri va presslash kamerasing hajmini aniqlash. Qurilma texnologik ish jarayonida uning belgilangan ish unumini ta'minlab turish uchun uning bunkeri va presslash kamerasiga yetarli miqdorda ozuqa aralashmasi uzluksiz tashlab turilishi va bu ozuqa miqdori zichlash roligi tomonidan qamrab olinib, matritsa ko'zlaridan pastga granula ko'rinishiga keltirilib o'tkazib yuborilayotgan ozuqa miqdoridan kam bo'lmasligi hamda rolik tomonidan ajratib olinayotgan ozuqa aralashmasiga yuqoridan uzluksiz bosim berib turishi kerak.

Shunga asosan qurilma texnologik ish jarayoni balans tenglamasi quyidagicha bo'ladi

$$Q_{gr} = q_{o.a.}, \quad (1)$$

bunda Q_{gr} – granulalash qurilmasi ish unumi, kg/s; $q_{o.a.}$ – granulalash qurilmasiga vaqt birligi ichida kelib tushayotgan ozuqa aralashmasi miqdori, kg/s.

Granulalash qurilmasiga vaqt birligi ichida kelib tushayotgan ozuqa aralashmasi miqdori

$$q_{o.a.} = \frac{m_{o.a.}}{t_j}, \quad (2)$$

bunda $m_{o.a.}$ – granulalash qurilmasiga tushayotgan ozuqa aralashmasi miqdori, kg; t_j – jarayondagi vaqt birligi, s.

Granulalash qurilmasiga tushayotgan ozuqa aralashmasi miqdorini uning hajmiy og'irligi bo'yicha aniqlaymiz

$$m_{o.a.} = \rho_{o.a.} V_{i.h.}, \quad (3)$$

bunda $\rho_{o.a.}$ – ozuqa aralashmasi hajmiy massasi, kg/m³; $V_{i.h.}$ – qurilmaning ozuqa aralashmasini qabul qiladigan ishchi hajmi, m³.

Qurilmaning ozuqa aralashmasini qabul qiladigan ishchi hajmi uning bunkeri va presslash kamerasi hajmlari V_b va $V_{p.k.}$ dan iborat.

$$V_{i.h.} = V_b + V_{p.k.} \quad (4)$$

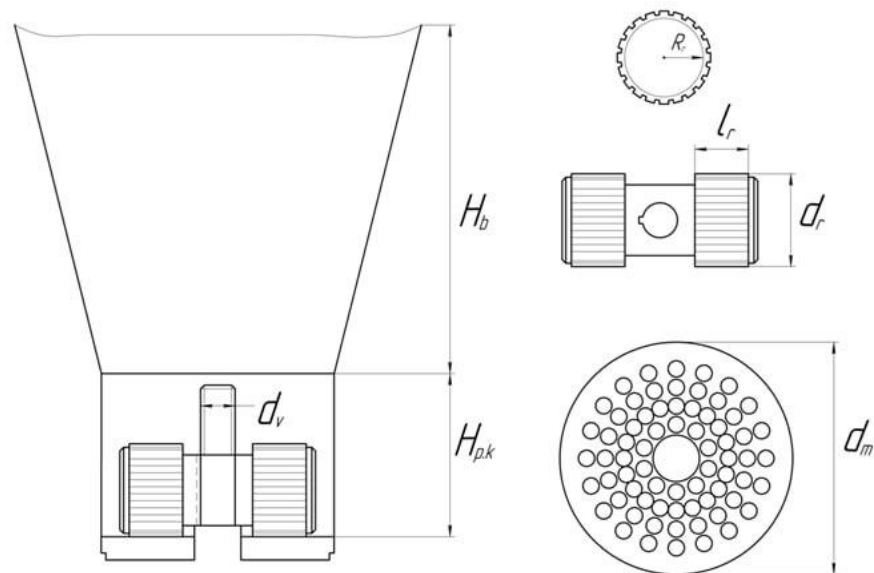
Shu sababli qurilma bunkeri va presslash kamerasi hajmlarini aniqlaymiz.

Granulalash qurilmasi bunkeri olti yonli kesik piramida shaklida bo'lib (2-rasm), uning hajmini quyidagi ifoda bilan aniqlash mumkin.

Olti yonli kesik piramida shaklidagi bunkerning hajmi quyidagiga teng

$$V_b = \frac{1}{3} H_b (S_p + S_y + \sqrt{S_p S_y}), \quad (5)$$

bunda h_b – bunkerning balandligi, m; S_p – bunker pastki asosining yuzi, m²; S_y – bunker yuqori asosining yuzi, m².



2-rasm. Granulalash qurilmasi bunker va presslash kamerasing hajmini aniqlashga oid sxema

Olti yonli kesik piramida shaklidagi bunker pastki va yuqori asosining yuzi

$$S_p = 2\sqrt{3}r_p^2 \quad \text{va} \quad S_y = 2\sqrt{3}r_y^2, \quad (6)$$

bunda r_p va r_y – bunkerning pastki va yuqori qismi ichki yuzasiga chizilgan aylana radiuslari, m ;

(6) ifodaga ko‘ra (5) ifoda quyidagicha bo‘ladi

$$V_b = \frac{1}{3}h_b \left(2\sqrt{3}r_p^2 + 2\sqrt{3}r_y^2 + \sqrt{2\sqrt{3}r_p^2 \cdot 2\sqrt{3}r_y^2} \right). \quad (7)$$

Presslash kamerasi shakli silindrsimon bo‘lganligi sababli uning hajmini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$V_{p.k..} = S_{p.k.} \cdot H_{p.k.} = \pi R_b^2 \cdot H_{p.k.}, \quad (8)$$

bunda R_b – presslash kamerasing radiusi, m ; H_b – presslash kamerasing balandligi, m .

Agarda presslash kamerasi ichida markaziy val va unga o‘rnatilgan zichlash roliklari joylashganligini hisobga olsak u holda presslash kamerasing hajmini hisoblashda ularning hajmini ham hisobga olinishi kerak.

Shunga mos ravishda presslash kamerasing haqiqiy hajmi quyidagiga teng bo‘ladi

$$V_{p.k..} = \pi R_b^2 \cdot H_{p.k.} - (\pi r_v^2 h_v + \pi n_r R_r^2 l_r), \quad (9)$$

bunda r_v – markaziy valning radiusi, m ; h_v – markaziy valning balandligi, m ; R_r – zichlash roliklarining radiusi, m ; l_r – zichlash roliklarining uzunligi, m ; n_r – zichlash roliklarining soni.

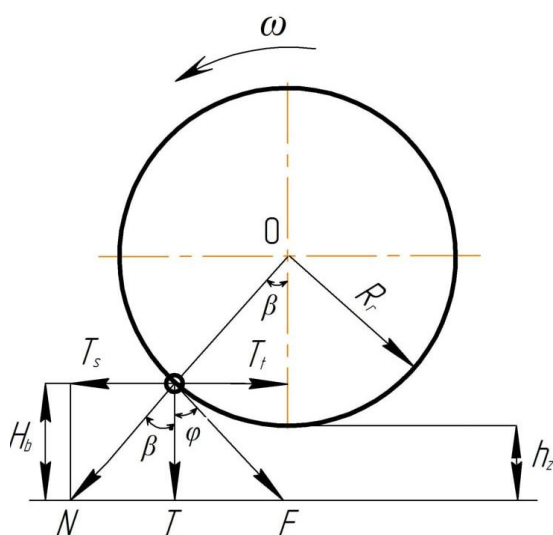
(7) va (9) ifodalarga ko‘ra (4) qurilmaning ozuqa aralashmasini qabul qiladigan ishchi hajmi ifodasi quyidagicha bo‘ladi

$$V_{i.h.} = \frac{1}{3} h_b \left(2\sqrt{3}r_p^2 + 2\sqrt{3}r_y^2 + \sqrt{2\sqrt{3}r_p^2 \cdot 2\sqrt{3}r_y^2} \right) + \pi R_b^2 \cdot H_{p.k.} - (\pi r_v^2 h_v + \pi n_r R_r^2 l_r). \quad (10)$$

Agar $H_b=180 \text{ mm}$, $R_b=114 \text{ mm}$, $r_k=100 \text{ mm}$, $h_{kon}=40 \text{ mm}$ bo'lsa, Qurilmaning ozuqa aralashmasini qabul qiladigan ishchi hajmi $V_{i.h.}=0,18 \text{ m}^3$ bo'ladi.

Presslash roligining parametrlarini aniqlash.

Presslash roligi matritsa ustida aylanma harakat qilib oldidagi ozuqa aralashmasi uyumining bir qismini surib borsa, bir qismini o'zi tomon tortib, bosib o'tib zichlab boradi va rolikning keyingi o'tishlarida zichlangan qatlam ustiga navbatdagi qatlamlar zichlanishi oqibatida qatlamning bir qismi asta sekin matritsa teshiklarining ichiga tomon surilib boradi. Bunda ular yetarli zichlikda zichlanib borsagina uzun granula ko'rinishida teshiklardan uzluksiz chiqib keladi va matritsa pastki qismida joylashgan pichoqlar yordamida kerakli uzunlikda qir qilishi ta'minlanadi. Bu esa ko'p jihatdan presslash roliklarining ozuqa aralashmasini ko'proq qamrab, ustidan bosib o'tishi va zichlab borishiga bog'liq bo'ladi. Bu jarayonni soddaroq holatda, ya'ni matritsasiz faqatgina presslash roligi va ozuqa aralashmasining o'zaro ta'siri bo'yicha ko'rib o'tamiz (3-rasm).



3-rasm. Presslash roligining parametrlarini aniqlash sxemasi

Rolik aylanib ozuqa aralashmasiga ta'sir etganda bir paytning o'zida aralashmani suruvchi T_s va uni tortuvchi T_t kuchlar hosil bo'ladi. Bu kuchlarning ta'sir etish hududlari rolikning ozuqa aralashmasini qamrash burchagi β va ozuqaning ishqalanish burchagi φ orasidagi nisbatga bog'liq. Bunda rolikning ozuqani qamrab turgan jami qismida tortuvchi kuch T_t suruvchi kuch T_s dan katta bo'lgan qismida xom ashyo rolik tomonidan qamrab olinib, bosib o'tiladi

$$T_t > T_s \quad (11)$$

$T_t = F \cos \beta$, $T_s = N \sin \beta$ va $F = fN$ ekanligidan

$$fN \cos \beta > N \sin \beta \quad (12)$$

Agar $f = \tan \varphi$ va $\sin \beta / \cos \beta = \tan \beta$ ekanligini hisobga olsak, u holda

$$\tan \varphi > \tan \beta \quad \text{yoki} \quad \varphi > \beta \quad (13)$$

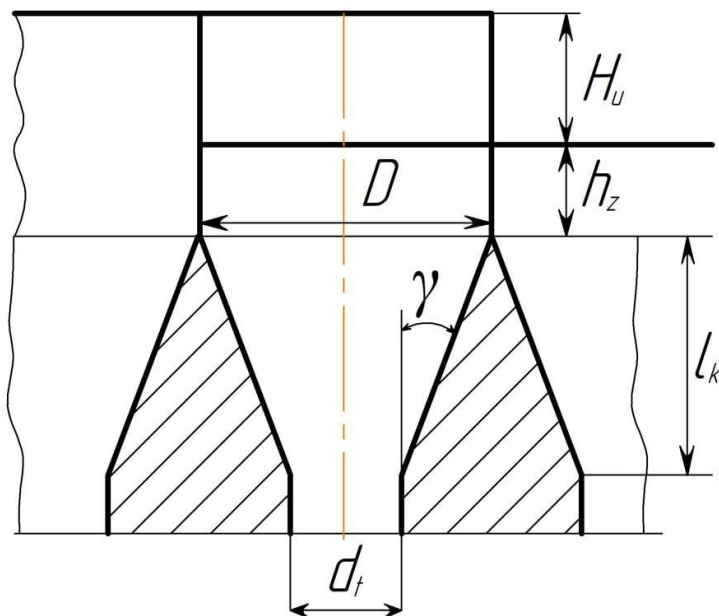
Bundan shuni xulosa qilish mumkinki, zichlash roligining ozuqa aralashmasini qamrab turgan qismining $\beta < \varphi$ qismida xom ashyo rolikka tomon tortilib zichlab borilsa, $\beta > \varphi$ qismida rolik oldida uyumlanib surilib boradi. $\varphi = 35-38^\circ$ ekanligidan, ozuqani tortib zichlash rolikning $\beta < 35^\circ$ bo'lgan qismida amalga oshadi.

Presslash roligining radiusi

$$R_r \geq \frac{h_k \left[1 + \cos(\varphi_r + \varphi_m) \right] + \frac{2h_o}{\cos \beta}}{1 - \cos(\varphi_r + \varphi_m)}, \quad (14)$$

bunda h_o va h_k – xom ashyoning zichlashdan oldingi va keyingi balandligi, m; φ_r va φ_m – xom ashyoning rolikka va bir-biriga ishqalanish burchagi, grad.

Matritsa teshiklari o'lchamlarini aniqlash. Presslovchi rolik matritsa filyerasining kirish teshigi ustidan harakatlanganda, diametri D ga teng bo'lgan ozuqa massasi presslanuvchi qatlamning H_u qalinligidan boshlang'ich zichlangan qatlam qalinligi h_z gacha kesib ajratiladi. Bu jarayonda materialning ma'lum qismi kesib ajratiladi va matritsa teshigining konussimon qismidan silindrsimon qismi tomon kiritilib, granula shakli hosil bo'ladi (4-rasm).



4-rasm. Matritsa teshiklari o'lchamlarini aniqlash sxemasi

Matritsa kirish qismi konussimon shaklda bo'lganligi sababli uning diametri D silindrsimon qismi diametri d_0 bilan quyidagicha bogliqlikka ega

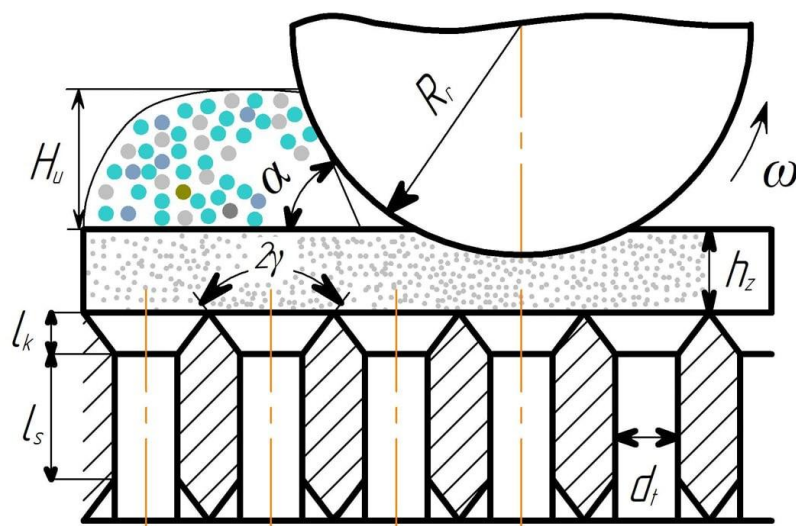
$$D = d_t + 2l_k \operatorname{tg} \gamma, \quad (15)$$

bunda l_k – teshikning konussimon qismi uzunligi, m; γ – konuslik burchagi, grad.

Ushbu ifoda matritsa teshiklarining asosiy parametrlari orasidagi bogliqlikni yetarlicha ifodalaydi va ularni aniqlash imkonini beradi.

Granula hosil qilishdagi bosimni aniqlash. Kanalning konussimon qismidan o'tganidan keyin presslangan granula massasi matritsa kanali silindrik qismiga kiradi. Silindrik kanal granulaning yakuniy geometrik shaklini shakllantiruvchi asosiy qism hisoblanadi. Bu yerda granula tashqi ko'rinishidan silindrik shaklga ega bo'lib, uning diametri va zichligi barqaror holatga keladi.

Konussimon qismda material intensiv plastik deformatsiyaga uchrasa, silindrik qismda asosan qayishqoq-deformatsiyalangan holat saqlanib qoladi. Shu sababli silindrik kanal bo'ylab harakat jarayonida granulaning shakli amalda o'zgarmaydi va uning mexanik mustahkamligi shakllanishda davom etadi. 5-rasmda granulani presslash jarayonining umumiy hisoblash sxemasi keltirilgan bo'lib, unda granula massasining matritsa teshiklari orqali siqib o'tkazilishi va presslangan granulaning hosil bo'lish jarayoni tasvirlangan. Ushbu sxema granulalash qurilmasida material harakati, bosim taqsimoti va ishqalanish kuchlarini nazariy jihatdan tahlil qilish imkonini beradi.



5-rasm. Granulani presslash jarayonining hisoblash sxemasi

Ozuqa aralashmasi yoki xom-ashyoni zichlab granula holatiga keltirishda bosim ostida uzluksiz presslash jarayoni amalga oshadi. Bunda umumiy bosim quyidagicha bo‘ladi

$$P_{pr} = P_{qat} + P_{kan}^{kon} + P_{kan}^{sil}, \quad (16)$$

bunda P_{qat} – xom-ashyoni qatlamlab zichlashdagi bosim, N/m^2 ; P_{kan}^{kon} – matritsa kanalining konussimon qismidagi bosim, N/m^2 ; P_{kan}^{sil} – matritsa kanalining silindrsimon qismidagi bosim, N/m^2 .

Ushbu ifodaga P_{qat} , P_{kan}^{kon} va P_{kan}^{sil} larning ifodalanishini qo‘ysak, granula hosil qilishdagi bosimdfkni aniqlash ifodasiga ega bo‘lamiz

$$P_{pr} = \tau_t \frac{4h_{pr}}{d_0 + 2l_k \tan \gamma} + 2\left(1 + \frac{f_{ishq} \nu}{2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma}\right) \tau_t \ln \frac{D}{d_0} +$$

$$+ 4 \frac{f_{ishq} l_s}{d_0} \frac{E}{1 + \nu} \frac{(D_{gr} - d_0) \left(\frac{D_{gr}^2}{d_0^2} - 1\right)}{d_0 \left(1 - 2\nu + \frac{D_{gr}^2}{d_0^2}\right)}, \quad (17)$$

bunda τ_t - oquvchanlik yuklanishi, N/m^2 ; h_{pr} – presslanayotgan qatlam qalinligi, m; d_0 – matritsa kanalining silindrik qismi diametri, m; l_k – matritsa kanalining konussimon qismi uzunligi, m; f_{ishq} – ishqalanish koeffitsiyenti; γ – konuslik burchagi, grad.; ν - Puasson koeffitsiyenti; D_k - matritsa kanali konussimon qismining diametri, m; l_s – matritsa kanalining konussimon qismi uzunligi, m; D_{gr} – granula diametri, m.

Olingan bog'liqlikdan kelib chiqadiki, presslangan ozuqa granulasini silindrik kanal orqali surish uchun rolik tomonidan beriladigan bosim chiziqli xarakterga ega. Shu bilan birga, presslash bosimiga presslangan mayda dispersli ozuqa xom-ashyosining Yung moduli, Puasson koeffitsiyenti va ozuqa zarralarining matritsani silindrik devorlariga ishqalanish koeffitsiyenti kabi parametrlari ham ta'sir ko'rsatadi. Olingan tenglama ozuqa granulalarini presslash bosimini presslash roligi ba matrisasining asosiy konstruktiv xususiyatlari va mayda dispersli ozuqa xom-ashyosining fizik xususiyatlari bilan bog'laydi.

Hisob-kitob natijalariga ko'ra, matrisa filyerasining sillindrik kanalida bosim 9,0 MPa dan 5,4 MPa gacha kamayadi. Bitta kanal chiqishida granulaga ta'sir etuvchi kuch taxminan 68 N, 48 ta faol kanal uchun umumiy kuch esa 3,26 kN ni tashkil etadi. Ushbu qiymatlar granulaning sillindrik shaklda barqaror hosil bo'lishi, kanal devorlari bilan ishqalanish ta'sirida zichlanishi va chiqishda mustahkam strukturaga ega bo'lishini ta'minlaydi.

Dissertatsiyaning **“Granulyator qurilma ishchi qismlarining paramerlari va ish rejimlarini tajribaviy tadqiq etish”** deb nomlangan uchinchi bobida granulalash qurilmasi ishchi qismlarining paramerlari va ish rejimlarini tajribaviy tadqiq etish natijalari keltirilgan.

Granulalash qurilmasida presslash roligi aylanishlar sonini tajribaviy tadqiq etish. Bir omilli tajribalarda dastlab granulyator qurilma presslash roligi aylanishlar sonining granula ozuqalarni tayyorlash sifatiga ta'siri o'rganildi. Ish sifat ko'rsatkichlariga rolikning aylanishlar sonining ta'sirini o'rganish bo'yicha o'tkazilgan tajribalarda rolikni aylanishlar soni 300 r/min dan 400 r/min gacha 25 r/min qadam bilan o'zgartirilib borildi.

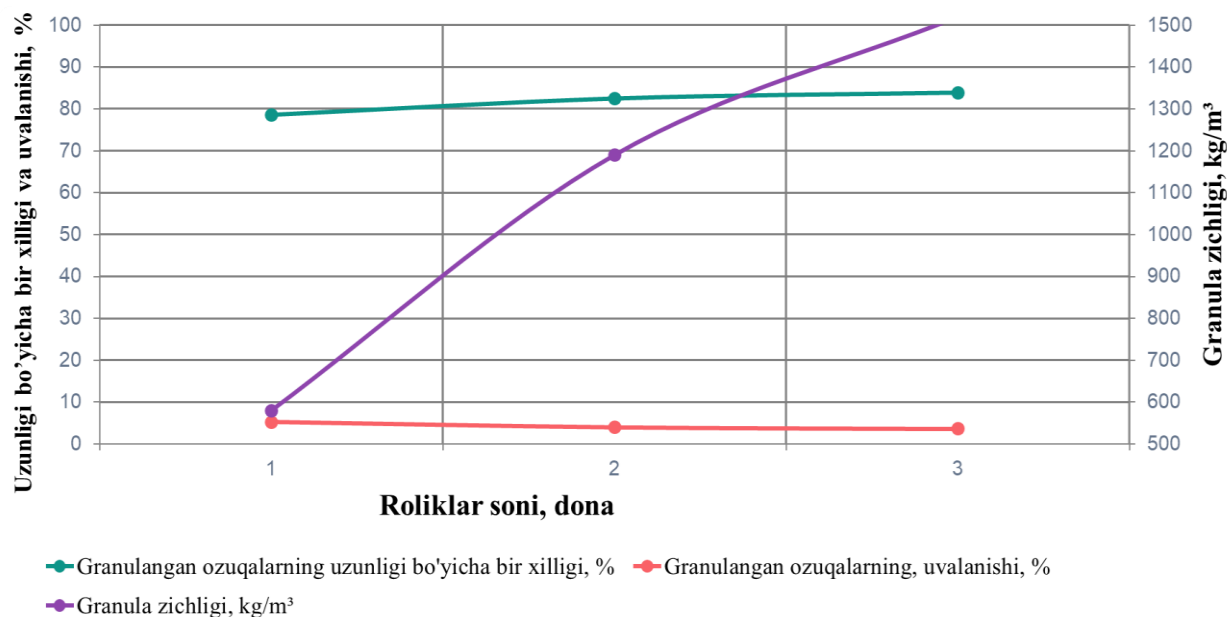
Granulalash qurilmasida presslash roliki aylanishlar sonining granulalash sifatiga ta'siri

№	Granulalash sifat ko'rsatkichlari	Rolikning aylanishlar soni r/min				
		300	325	350	375	400
1	Granulangan ozuqalarning uzunligi bo'yicha bir xilligi, %	77,3	79,6	83,9	83,1	81,9
2	Granulangan ozuqalarning uvalanishi, %	6,2	5,4	4,3	4,7	5,2
3	Granula zichligi, kg/m ³	590	840	1190	1310	1340

Yuqoridagi tajribalar natijalariga ko'ra, rolikning aylanishlar soni 375 va 400 r/min bo'lganda granulangan ozuqalarning uzunligi bo'yicha bir xilligi foizini kamayishi kuzatilganligi sababli, rolikning aylanishlar soni 350 r/min bo'lishi maqbul deb topildi va keyingi tajribalar rolikning ushbu aylanishlar sonida o'tkazildi.

Granulalash qurilmasida presslash roliklari sonini tajribaviy tadqiq etish. Tadqiqot natijalari shundan dalolat berdiki, roliklar soni ortishi bilan granulangan ozuqalarning uzunligi bo'yicha bir xilligi va granulaning zichligi o'sadi. Masalan, roliklar soni 1 donalik holatda uzunlik bo'yicha bir xillik 78,6 % ni tashkil qilgan bo'lsa, 2 donada 82,5 %, 3 donada esa 84,1 % gacha ko'tarildi. Bu holat

granulalarning tashqi ko‘rinishi va ularning dozlash hamda tashish jarayonlarida bir me‘yorli harakatlanishini ta‘minlaydi (6-rasm).



6-rasm. Granulalash qurilmasida presslash rolklari sonining ish sifatiga ta'siri

Shuningdek, granulangan ozuqalarning uvalanish foizi 1 rolikda 5,3 % ni tashkil qilgan bo‘lsa, 2 rolikda 4,3 %, 3 rolikda esa 3,6 % gacha kamayganligi kuzatildi. Bu ko‘rsatkich granulaning mustahkamligini va saqlash paytida yo‘qotishlarni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Granula zichligida esa ancha katta o‘shish qayd etildi: 1 rolikda 580 kg/m³ bo‘lsa, 2 rolikda 1190 kg/m³ va 3 rolikda 1520 kg/m³ gacha yetdi. Granulaning zichligi ortishi uning energiya qiymatini, saqlashda egallaydigan hajmini va tashish samaradorligini yaxshilaydi.

Granulalash qurilmasida pichoqni o‘rnatilish burchagining tajribaviy tadqiq etish. Tadqiqot natijalari shundan dalolat berdiki, pichoqlarning o‘rnatilish burchagi 90°, burchak qilib olganimizda uzunlik bo‘yicha bir xillik 78,6 % tashkil qilgan bo‘lsa, pichoqlarning o‘rnatilish burchagi 120°, burchak qilib olganimizda uzunlik bo‘yicha bir xillik 82,6 % tashkil qilgan bo‘lsa, pichoqlarning o‘rnatilish burchagi 180°, burchak qilib olganimizda uzunlik bo‘yicha bir xillik 92,6 % tashkil qilgan bo‘lsa, pichoqlarning o‘rnatilish burchagi 360°, burchak qilib olganimizda uzunlik bo‘yicha bir xillik 88,3 % tashkil qildi. Bu holat granulalarning tashqi ko‘rinishi va ularning tozalash hamda tashish jarayonlarida bir me‘yorli harakatlanishini ta‘minlaydi.

Shuningdek, granulangan ozuqalarning uvalanish foizi (%) pichoqlarning o‘rnatilish burchagi 90°, burchak qilib olganimizda uvalanishi 6,9 % ni tashkil qilgan bo‘lsa, pichoqlarning o‘rnatilish burchagi 120°, burchak qilib olganimizda uvalanishi 6,1 %, tashkil qilgan bo‘lsa, pichoqlarning o‘rnatilish burchagi 180°, burchak qilib olganimizda uvalanishi esa 4,1 % gacha ko‘payganligi kuzatilgan bo‘lsa, pichoqlarning o‘rnatilish burchagi 360°, burchak qilib olganimizda uvalanishi esa

5,2 % gacha ko'payganligi kuzatildi. Bu ko'rsatkich granulaning tashqi ko'rinishi va ularni tozalash hamda tashish jarayonlarida bir me'yorli xarakatlanishni taminlaydi. Maxsulatlarni sifat kursatkichlarini oshishiga olib keladi.

Tajriba davomida roliklar soni 2 ta va aylanish tezligi 350 r/min qilib belgilandi. Bu rejimda ozuqa materialining matrisa bo'ylab harakatlanishi, bosimning bir tekis taqsimlanishi hamda pichoq orqali kesilish jarayoni kuzatildi.

Natijalardan ko'rinib turibdiki, granulangan ozuqalarning uzunligi bo'yicha bir xilligi 78,3% dan 92,9% gacha o'zgarib, maksimal qiymat 360° burchakda qayd etilgan. Biroq, granulangan ozuqalarning uvalanishi ko'rsatkichi 4,1% dan 6,9% gacha oraliqda bo'lib, eng yaxshi natija 180° burchakda qayd etildi. Shuningdek, granula zichligi 590 kg/m³ dan 1430 kg/m³ gacha ortib borildi.

Granulalash qurilmasida pichoq va matrisa orasidagi masofaning granulalash sifatiga tasiri. Olib borilgan tajribaviy tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, pichoqning o'rnatilish balandligi 3 mm dan 10 mm gacha, har bir mm oralig'ida o'zgartirildi. Natijalardan ko'rinib turibdiki, pichoqning o'rnatilish balandligi 3 mm bo'lganda granulangan ozuqalarning uzunligi bo'yicha bir xilligi 85,3% tashkil qilgan bo'lsa, 5 mm bo'lganda granulangan ozuqalarning uzunligi bo'yicha bir xilligi 89,4% tashkil qilgan bo'lsa, 7 mm bo'lganda granulangan ozuqalarning uzunligi bo'yicha bir xilligi 92,1% tashkil qilgan bo'lsa, 9 mm bo'lganda granulangan ozuqalarning uzunligi bo'yicha bir xilligi 89,7% tashkil qilgan bo'lsa, 10 mm bo'lganda granulangan ozuqalarning uzunligi bo'yicha bir xilligi 88,1% tashkil qildi. Ko'rinib turibdiki 7 mm bo'lgan holda granulangan ozuqalarning uzunligi bo'yicha bir xilligi eng yuqori ko'rsatkich 92,1 % gacha yetdi. Boshqa tomondan, granulangan ozuqalarning uvalanishi darajasi ham 7 mm balandlikda minimal qiymat 4,1 % ga tushgani qayd etildi. Granulangan ozuqalarning zichligi esa 7 mm balandlikda 1180 kg/m³ ni tashkil qildi. Agar pichoq balandligi ortiqcha pasaytirilsa 5 mm, zichlik oshishi 1280 kg/m³ va uvalanish darajasi ortishi kuzatildi. Aksincha, pichoq balandligi ortiqcha ko'tarilganda 9-10 mm, zichlik va bir xillik ko'rsatkichlari pasayib ketgani kuzatildi.

Presslanadigan xom-ashyoning preslash kamerasi bunker yuqori qismiga nisbatan sathining qurilma ish sifatiga ta'siri. Tajribalarni o'tkazishda preslash kamerasi bunker yuqori qismiga nisbatan sathini 0 dan 6 mm gacha, har bir mm oralig'ida o'zgartirildi. Natijalardan ko'rinib turibdiki preslash kamerasi bunker yuqori qismiga nisbatan sathini 0 bo'lganda bunkerdan chiqib ketgan xom-ashyo miqdori 4,7% ni tashkil qilgan bo'lsa, 1 cm bo'lganda bunkerdan chiqib ketgan xom-ashyo miqdori 4,1% ni tashkil qilgan bo'lsa, 2 cm bo'lganda bunkerdan chiqib ketgan xom-ashyo miqdori 3,4 % ni tashkil qilgan bo'lsa, 3 cm bo'lganda bunkerdan chiqib ketgan xom-ashyo miqdori 2,6 % ni tashkil qilgan bo'lsa, 4 sm bo'lganda bunkerdan chiqib ketgan xom-ashyo miqdori 1,1 % ni tashkil qilgan bo'lsa, 5 cm bo'lganda bunkerdan chiqib ketgan xom-ashyo miqdori 0,5 % ni tashkil qilgan bo'lsa, 6 cm bo'lganda bunkerdan chiqib ketgan xom-ashyo miqdori 0 % ni tashkil qildi. Tajribada ko'rinib turibdiki preslash kamerasi bunker yuqori qismiga nisbatan sathini 6 cm bo'lganda granulangan ozuqalarning uzunligi bo'yicha birxilligi 92,6% ni, granulangan ozuqalarning uvalanishi 4,2 % ni, granula zichligi 1195 kg/m³ tashkil qildi.

Granulalash qurilmasi matrisa yuzasidan xom-ashyoning yuzasining balandligining tajribaviy tadqiq etish. Granulalash jarayonida matrisa yuzasidan xom-ashyoning yuzasining balandligining konstruksiyasi, ayniqsa uning balandligi, muhim parametrlardan biri hisoblanadi. Matrisa yuzasidan xom-ashyoning yuzasining balandligining o'zgarishi granulangan ozuqa mahsulotlarining fizik-mexanik ko'rsatkichlariga, xususan, granulangan ozuqaning uzunligi bo'yicha bir xilligiga, uvalanish darajasiga va zichligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Ushbu tadqiqotda matrisa yuzasidan xom-ashyoning yuzasining balandligini 6 cm, 8 cm, 10 cm va 12 cm balandlikdagi holatlari qiyosiy ravishda o'rganildi. Tajribaviy natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan.

Granulalash qurilmasi matrisa yuzasidan xom-ashyoning yuzasining balandligining tajribaviy tadqiq etish

№	Granulalash sifat ko'rsatkichlari	matrisa yuzasidan xom-ashyoning yuzasining balandligining, sm			
		6	8	10	12
1	Granulangan ozuqalarning uzunligi bo'yicha bir xilligi, %	77,4	78,9	82,5	82,7
2	Granulangan ozuqalarning uvalanishi, %	6,5	5,8	4,6	4,5
3	Granula zichligi, kg/m ³	605	1115	1165	1205

Dissertatsiyaning “Baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlash qurilmasining sinovlari va uning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini aniqlash” deb nomlangan to'rtinchi bobida granula tayyorlash qurilmasining qisqacha texnikaviy tavsifi, granulyator qurilmaning ish sifat ko'rsatkichlari, ishlab chiqilgan granulyatorning texnik-iqtisodiy samarasini aniqlash, Granula tayyorlash qurilmasining yillik iqtisodiy samarasi keltirilgan.

Tavsiya etilayotgan parametrlar asosida ishlab chiqilgan G-200 granula tayyorlash qurilmasini qo'llash orqali foydalanishdagi to'g'ridan-to'g'ri xarajatlar 1,2 martagacha kamayishi va aralashgan mahsulot sifati 10-15 % ga yaxshilanishi hisobiga yillik 35 812 635,3 so'm iqtisodiy samara olinishi asoslandi.

UMUMIY XULOSALAR

“Baliq va parandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlash qurilmasi parametrlari va ish rejimlarini asoslash” mavzusidagi falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari asosida quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. O'zbekistonda baliq va parrandalarni parvarishlashda granulalangan konsentrlangan ozuqalar bilan boqish maqsadga muvofiq bo'lib, bu baliq va parrandalarni boqish samaradorligini oshirish va ozuqalarni tashish va tarqatish ishlarini yengillashtirish hamda ularning nobud bo'lishini kamaytirish imkonini beradi.

2. Turli xil mahsulot va materiallarni granulalashda qo'llaniladigan usullar, qurilmalar va ularning ishchi qismlari konstruksiyasi, ishlash prinsipi hamda o'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, kam bosh sonli parranda va baliqchilik xo'jaliklari uchun

kichik o'lchamli energiya va resurstejamkor granulalash qurilmasini ishlab chiqish va foydalanish maqsadga muvofiq.

3. Granulalash qurilmasi texnologik ish jarayonida uning belgilangan ish unumini ta'minlab turish uchun uning bunker va presslash kamerasiga yetarli miqdorda ozuqa aralashmasi uzluksiz tashlab turilishi va bu ozuqa miqdori zichlash roligi tomonidan qamrab olinib, matritsa ko'zlaridan pastga granula ko'rinishiga keltirilib o'tkazib yuborilayotgan ozuqa miqdoridan kam bo'lmasligi hamda rolik tomonidan ajratib olinayotgan ozuqa aralashmasiga yuqoridan uzluksiz bosim berib turishi kerak va bunda g'isoblashlarga ko'ra qurilmaning ozuqa aralashmasini qabul qiladigan ishchi hajmi $V_{i.h.}=0,18 \text{ m}^3$ bo'lishi kerak bo'ladi.

4. Qurilma zichlash roligining ozuqa aralashmasini qamrab turgan qismining qarmash burchagi ishqalanish burchagidan kichik bo'lgan qismida, ya'ni $\beta < \varphi$ qismida xom ashyo rolikka tomon tortilib zichlab boriladi va ushbu nisbat $\beta > \varphi$ bo'lgan qismida esa rolik xom-ashyoni oldida uyumlab surilib boradi hamda $\varphi=35-38^\circ$ ekanligidan, ozuqani tortib zichlash jarayoni rolikning $\beta < 35^\circ$ bo'lgan qismida amalga oshadi.

5. Ozuqa aralashmasi yoki xom-ashyoni zichlab granula holatiga keltirishda umumiy bosimni aniqlash ifodasiga ko'ra, presslangan ozuqa granulasini silindrik kanal orqali surish uchun rolik tomonidan beriladigan bosim chiziqli xarakterga ega bo'lib, presslash bosimiga presslangan mayda dispersli ozuqa xom-ashyosining Yung moduli, Puasson koeffitsiyenti va ozuqa zarralarining matritsani silindrik devorlariga ishqalanish koeffitsiyenti kabi parametrlari ham ta'sir ko'rsatadi va olingan tenglama ozuqa granulalarini presslash bosimini presslash roligi va matrisasining asosiy konstruktiv xususiyatlari va mayda dispersli ozuqa xom-ashyosining fizik xususiyatlari bilan bog'laydi.

6. O'tkazilgan tajribalar natijalariga asosan granulalash qurilmasida texnologik jarayonning sifatli amalga oshirilishi zichlash roliklari soni 2 dona, roliklarning aylanishlar soni 350 ayl/min, matrisa diametri 155 mm, uning teshiklari diametri kirish qismida 5 mm, chiqish qismida esa 3 mm, pichoq o'rnatilish burchagi 180° , pichoq va matritsa orasidagi masofa esa 7 mm bo'lgani holda ozuqa hom ashyosi presslash kamerasi bunkerining yuqori qismiga nisbatan 6 sm pastda bo'lishi hamda matritsa yuzasi kamida 10 sm balandlikdagi hom-ashyo bilan to'lib turish kerak.

7. Granulalash qurilmasining uzunligi 1200 mm, eni 300 mm, balandligi 1000 mm ni, massasi esa $120 \pm 10 \text{ kg}$ bo'lib, talab etadigan quvvati 2,2 kW dan oshmaydi va ozuqa granulalarining bir xilligi 83,9-86,3 %, granulalarning uvalanishi 3,8-4,7 %, ularning zichligi $1115-1190 \text{ kg/m}^3$ ni hamda asosiy vaqtdagi ish unumi 225-245 kg/h, foydalanish vaqtidagi ish unumi 215,5 kg/h tashkil etib, belgilangan talablarni qanoatlantiradi va u joriy etilganda ozuqa sifatining yaxshilanishi va sarf-xarajatlarning kamayishi hisobiga bir yilda ishlab chiqariladigan ozuqa miqdoriga nisbatan 35 812 635,3 so'm iqtisodiy samara olish imkoniga ega bo'linadi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ (PhD).03/2025.27.12.Т.14.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТЕРМЕЗСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНЖЕНЕРИИ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ**

**ТЕРМЕЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРИИ И
АГРОТЕХНОЛОГИЙ**

БОЙКУЛОВ УРАЛ ТУРДИЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РАБОЧИХ РЕЖИМОВ
УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ
КОРМОВ ДЛЯ РЫБ И ПТИЦ**

**05.07.01 – Сельскохозяйственные и мелиоративные машины.
Механизация сельскохозяйственных и мелиоративных работ**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Термез – 2026

Тема диссертации на соискание учёной степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Академии Наук Республики Узбекистан под номером B2023.4.PhD/T4281.

Диссертация выполнена в Термезском государственном университете инженерии и агротехнологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета Термезского государственного университета инженерии и агротехнологий (kengash@tdmau.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyounet» (www.ziyounet.uz).

Научный руководитель:

Боротов Атхам Нурмухаммадович
доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент

Официальные оппоненты:

Имамкулов Кутбиддин Бокижанович
доктор технических наук (DSc),
старший научный сотрудник
Курбанов Фахриддин Кулмаматович
доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент

Ведущая организация:

**Ташкентский государственный
технический университет им. Ислама
Каримова**

Защита диссертации состоится «10» октября 2026 года в 13:00 часов на заседании Научного совета PhD.03/2025.27.12.T.14.02 при Термезском государственном университете инженерии и агротехнологий (Адрес: 190100, г.Термез, ул.И.Каримова-288А. Tel.: (+99876) 221-87-20; e-mail: <https://tdmau.uz/>) (Новое здание Термезского государственного университета инженерии и агротехнологий).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Термезского государственного университета инженерии и агротехнологий (зарегистрирован за № 09). Адрес: 190100, г. Термез, ул. И.Каримова, 288-А Тел.: (+99876) 221-87-20; e-mail (<https://tdmau.uz/>)

Автореферат диссертации разослан «26» сентябрь 2026 года.
(реестр протокола рассылки № 09 от «16» июнь 2026 г.).



М.К. Урозов

Председатель Научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

Б.Э.Каршиев

Ученый секретарь Научного совета по присуждению
ученых степеней, д.ф.н. (PhD), доцент

Ф.У.Каршиев

Председатель научного семинара при научном совете по
присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мире ведущее место занимает производство устройств, осуществляющих приготовление обогащенных кормов и их применение на практике для развития птицеводства и рыбоводства, укрепления их кормовой базы. "Если учесть, что 30 процентов мясной продукции, производимой в мире, составляет мясо птицы, 20 процентов - мясо рыбы," для повышения продуктивности рыбы и птицы путем кормления высококачественными кормами необходимо перейти на использование гранулирующих устройств с низким энерго-и металлоемкостью, которые добавят различные витамины и добавки к концентрированным кормам и производить корм в гранулированном виде. В связи с этим важное значение имеет широкое внедрение в практику устройств, позволяющих производить высококачественные гранулированные корма для рыб и птиц с минимальными затратами энергии и ресурсов.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на разработку новых научно-технических решений ресурсосберегающих технологий приготовления высокоэффективных гранулированных кормов, обогащенных различными питательными добавками и витаминами, и технических средств для их реализации. В связи с этим особое внимание уделяется созданию энерго-и ресурсосберегающих устройств и их рабочих органов, позволяющих изготавливать гранулированные корма для рыб и птиц требуемого размера и высокого качества, в том числе из кукурузы, пшеницы, овса, ячменя, ржи и других измельченных зерен, а также из смеси кормовых добавок и витаминов. . В связи с этим актуальным является разработка устройства, позволяющего изготавливать гранулированный корм для рыб и птиц требуемой плотности и размера путем непрерывного уплотненного введения измельченных зерновых кормов и смешанных с ними различных кормовых добавок и витаминов в отверстия матрицы с конической входной частью с вращающимся в горизонтальной плоскости прессовым роликом, обоснование технологического процесса его работы и параметров рабочих органов.

В Узбекистане принимаются комплексные меры по укреплению материально-технической базы рыбоводческих и птицеводческих хозяйств, разработке устройств и оборудования, позволяющих повысить качество и количество производимых кормов, а также снизить энерго- и ресурсопотребление. Новая стратегия развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы ставит, среди прочего, задачи «увеличения доходов крестьян и подделок не менее чем в 2 раза за счет интенсивного развития сельского хозяйства на научной основе и увеличения годового темпа роста сельского хозяйства не менее чем на 5 процентов». При реализации этих задач одной из важных задач является разработка устройств, позволяющих производить высококачественные гранулированные корма необходимого размера для рыбы и птицы.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач в указах Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и № УП-36 от 16 февраля 2024 года «О дополнительных мерах по обеспечению продовольственной безопасности в республике», постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-5146 от 14 июня 2021 года «О дополнительных мерах, направленных на развитие птицеводства и укрепление кормовой базы отрасли», №ПП-83 от 13 января 2022 года «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию рыбной отрасли» и № ПП-431 от 12 декабря 2024 года «О мерах по дальнейшему повышению уровня механизации сельского хозяйства», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Направление исследования соответствует к приоритетному направлению развития науки и технологий в Республике Узбекистан II «Энергетика, энергосбережение и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Научные исследования технологий приготовления гранулированных кормов для рыбы и птицы, параметров и режимов работы кормосмесительных и гранулирующих устройств проводились зарубежными учеными, такими как Лоуренс Табил, Шахаб Сохансандж, Томас С. Бенке, Гарольд Пфост, Менахем Пелег, Адевуми Фасина, Пол Мак Элхيني. Их исследования расширили теоретические основы процесса гранулирования, физико-механические свойства гранул, влияние влажности и плотности кормовых смесей на качество гранулирования, эффективность прессовых грануляторов и снижение энергопотребления. В России и странах СНГ научные исследования по совершенствованию технологии приготовления кормов и гранулирующего оборудования проводились такими учеными, как Анатолий Н. Остриков, В.И. Сыроватка, А.В. Семенов, Б.Л. Иванов, Ю.А. Поволоский, Н.П. Марук.

В Узбекистане исследования по разработке различных кормовых комплексов для рыбы и птицы, а также по изучению режимов их работы и обоснованию параметров проводились К. Астанакулов, Ф. Каршиев, Д. Алиджанов, А. Хатамов, А. Боротов, Ю. Джуматов, Ш. Абдурахмонов и другими.

Однако существующие научные исследования недостаточно изучили вопросы всестороннего обоснования взаимосвязанных параметров основных рабочих элементов грануляционного устройства — матрицы, прикатывающего вала и бункерной системы, определения их оптимальных режимов работы и разработки энерго- и ресурсоэффективных технологических решений.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Тема диссертационной работы выполнена в рамках хозяйственных договоров по теме № 1/2025 «Рекомендации по использованию смесителя, дозатора-загрузчика и

гранулятора при производстве гранулированных кормов для рыб и птицы», включённой в план научно-исследовательских работ Термезского государственного университета инженерии и агротехнологий.

Целью исследования: повышение качества продукции и эффективности производства за счет совершенствования технологического процесса, обоснования параметров и режимов работы устройства для приготовления гранулированных кормов для рыбы и птицы.

Задачи исследования:

проведение анализа мировых и национальных исследований в области производства гранулированных кормов для рыб и птицы, изучение методов их переработки и физико-химических закономерностей процесса гранулирования;

разработка новых технологических решений, направленных на снижение энергозатрат и повышение эффективности процесса гранулирования кормов, а также обеспечение эффективного использования местного сырья;

подготовка на основе полученных результатов рекомендаций для предприятий, производящих корма для рыб и птицы, и разработка практико-ориентированных предложений по внедрению новых технологий и оборудования в производственный процесс.

Объектом исследования является процесс приготовления гранулированного корма для рыбы и птицы, который включает в себя обработку корма, технологию гранулирования и рабочие параметры оборудования.

Предметом исследования являются математические модели, описывающие процессы взаимодействия рабочих органов устройства для приготовления гранул для рыб и птиц из различного сырья с добавками в его составе, технологические параметры и рабочие режимы процесса гранулирования, физико-питательные свойства кормовых гранул, оборудование и технологии гранулирования, аналитические зависимости, позволяющие автоматизировать и моделировать процесс гранулирования, а также определять его параметры, и закономерности изменения рабочих показателей в зависимости от параметров и режимов работы устройства.

Методы исследования. В процессе исследования применялись математический анализ и правила расчета, законы теоретической механики, методы статистической обработки полученных результатов, ситовая классификация для определения степени грануляционной подготовки, однофакторные эксперименты, а также методы, указанные в существующих нормативных документах.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана конструкция энергосберегающего гранулирующего устройства с матрицей с переменным отверстием и прессующим роликом с повышенным крутящим моментом, позволяющая производить гранулированные корма требуемого размера для рыбы и птицы;

обоснован объем бункера гранулирующего устройства и прессовой камеры из условия формирования объема кормовой смеси в количестве, достаточном для обеспечения заданной производительности в процессе его технологической работы, при этом количество этого корма, захваченного уплотнительным роликом, не должно быть меньше количества корма, пропускаемого вниз через глаза матрицы в виде гранул, а также непрерывного давления сверху на кормовую смесь, отделяемую роликом;

определены диаметр и число оборотов прессующего ролика устройства на основе соотношения сил трения и вертикального давления с учетом равномерного вдавливания роликами сырья требуемой толщины в глазки матрицы путем его уплотнения под высоким давлением и послойной укладки;

обоснованы диаметр и форма расположения отверстий матрицы гранулирующего устройства с учетом формирования гранул одинаковой длины нужного размера для рыбы и птицы и непрерывной подачи сырья, направляемого роликами.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработано устройство для гранулирования кормов, оснащённое усовершенствованными прессующим роликом и матрицей, обеспечивающее получение гранулированного корма для рыб и сельскохозяйственной птицы из смеси измельчённого зерна, различных кормовых добавок и витаминных компонентов с требуемыми геометрическими размерами и плотностью;

установлено, что применение разработанного гранулятора обеспечивает повышение качества технологического процесса за счёт получения гранул одинаковой длины и плотности, соответствующих зоотехническим требованиям, а также способствует увеличению производительности и снижению эксплуатационных затрат.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается использованием современных и эффективных методов и средств исследования, теоретическим обоснованием параметров и режимов работы гранулятора, взаимной адекватностью результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также положительными результатами испытаний разработанного устройства и его внедрением в практику.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в разработке научно обоснованных решений, касающихся рабочего процесса, конструктивных и технологических параметров устройств, предназначенных для производства гранулированных кормов для рыб и птицы, внедрении новых направлений и методов в проводимые в данной области научные исследования, а также в возможности применения разработанных механико-математических моделей и аналитических зависимостей при исследовании рабочих органов других аналогичных устройств.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что созданное грануляционное устройство разработано как технически и экономически целесообразное решение для местных условий, особенно для малых и средних фермерских хозяйств, может использоваться также для приготовления гранулированных кормов для сельскохозяйственных животных и обеспечивает снижение себестоимости готовых кормов за счёт сокращения производственных затрат.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по обоснованию параметров и режимов работы устройства для производства гранулированных кормов для рыб и птицы:

получен патент на полезную модель от Государственного учреждения «Центр интеллектуальной собственности» при Министерстве юстиции Республики Узбекистан («Пресс-гранулятор» FAP 2858-2025). В результате разработана конструкция устройства, позволяющего производить гранулированный корм необходимого размера для рыбы и птицы с низким энергопотреблением;

утверждены и внедрены в процесс изготовления исходные требования и технические условия к устройству для приготовления гранулированного корма для рыбы и птицы (справка № 05/04-04-285 от 30 мая 2025 года Национального центра знаний и инноваций в сельском хозяйстве при Министерстве сельского хозяйства). В результате создана возможность производства качественного энергосберегающего устройства для приготовления гранулированного корма для рыбы и птицы;

устройство для приготовления гранулированного корма внедрено в фермерских хозяйствах Кумкурганского, Джаркурганского и Термезского районов Сурхандарьинской области (справка № 05/04-04-285 от 30 мая 2025 года Национального центра знаний и инноваций в сельском хозяйстве при Министерстве сельского хозяйства). В результате потребление энергии и прямые эксплуатационные расходы были снижены до 1,2 раз по сравнению с существующими устройствами.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 2 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций – 4, в том числе 2 – в зарубежных и 2 – в республиканских журналах, а также получен 1 патент на полезную модель от Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложений. Общий объём диссертации составляет 103 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость проведённых исследований, изложены цель и задачи исследования, охарактеризованы объект и предмет исследования, показано соответствие темы приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики, представлены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, апробации работы, опубликованных трудах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Состояние вопроса, цель и задачи исследования»**, рассмотрены современное состояние выращивания и содержания рыбы и птицы, требования, предъявляемые к производству гранулированных кормов для рыб и птицы, проведён анализ грануляторов, применяемых при изготовлении гранул, представлен обзор аппаратов и устройств для производства гранул, выполнен анализ научно-исследовательских работ, посвящённых приготовлению гранулированных кормов, изучены физико-механические свойства материалов, используемых при производстве гранул, а также обоснованы цель и задачи исследования.

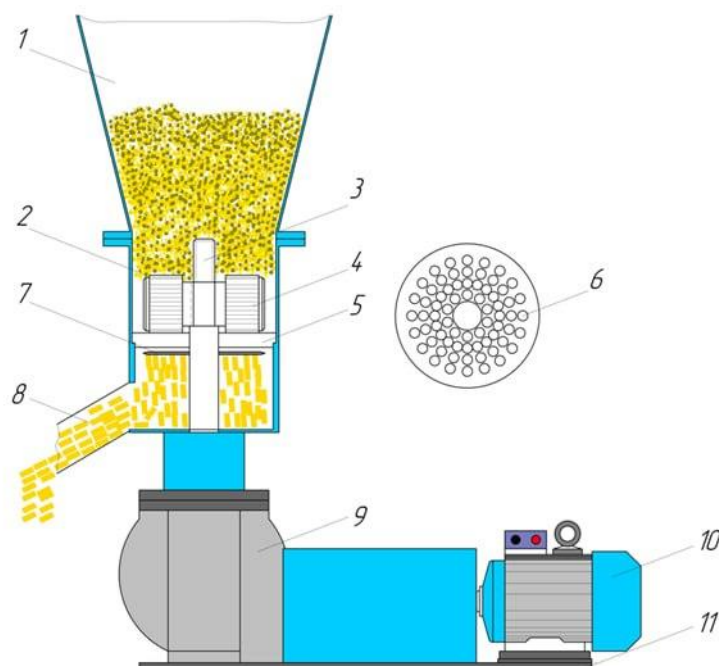
Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Теоретическое исследование параметров и режимов работы гранулятора»**, приведены сведения по определению давления, необходимого для отделения части гранулированной массы от прессованного слоя, определению давления в коническом канале матрицы, определению мощности пластической деформации отделённого элемента, а также определению давления в цилиндрическом канале матрицы.

На основе конструкции и технологического процесса работы предлагаемого устройства для приготовления гранул, проведенных исследований по их исследованию, а также изучения структурного состава кормов разработано устройство для смешивания кормов с легкой конструкцией в компактном варианте для малых хозяйств (рис. 1).

На разработанное устройство получен патент на полезную модель Государственного учреждения "Центр интеллектуальной собственности" при Министерстве юстиции РУз под номером FAP № 2858.

Технологический процесс работы в гранулирующем устройстве осуществляется следующим образом. Гранулируемый продукт поступает в бункер 1 установки и через него поступает в прессовую камеру 2. Внутри прессовой камеры установлен основной вал 3, на котором установлен уплотнительный ролик 4, который при вращении с основным валом прокладывает определенную толщину насыпи прессуемого продукта над матрицей 5 и уплотняет их в отверстия матрицы.

Избыточная часть продукта проходит через ролики и при следующем вращении падает на переднюю часть ролика, и за короткое время отверстия матрицы заполняются уплотненным продуктом, смещаются вниз за счет давления сверху и выходят из матрицы в виде гранул.



1-бункер, 2-прессовая камера, 3-основной вал, 4-уплотнительный ролик, 5-матрица, 6-отверстия матрицы, 7-разборный нож, 8-выходной желоб, 9-редуктор, 10-электродвигатель, 11-рама.

Рисунок 1. Технологическая схема устройства для приготовления гранул

В нижней части матрицы на основном валу установлен разделочный нож 7, который также вращается вместе с валом и разбивает гранулы, выходящие из отверстий матрицы, на куски заданной длины. Раздробленные гранулы опускаются вниз и выходят наружу через выходной желоб 8. Движение на основной вал гранулирующего устройства передается от электродвигателя 10 через редуктор 9. Они установлены на раме 11 устройства.

Анализ технологического процесса работы гранулирующей установки показывает, что обеспечение необходимой производительности в процессе работы установки во многом зависит от объема бункера и рабочей камеры установки, а также от работы уплотнительного ролика. Поэтому в теоретических исследованиях мы исследуем технологический процесс работы устройства в зависимости от этих факторов.

Определение объема бункера гранулирующей установки и камеры прессования. В процессе технологической работы устройства для обеспечения его заданной производительности необходимо непрерывно подавать в его бункер и прессовую камеру достаточное количество кормовой смеси, и количество этого корма должно быть охвачено уплотнительным роликом, не менее количества корма, пропускаемого в виде гранул вниз от глаз матрицы, а также непрерывное давление сверху на кормовую смесь, отделяемую роликом.

Исходя из этого, балансовое уравнение технологического процесса работы устройства выглядит следующим образом.

$$Q_{gr} = q_{o.a.} \cdot \quad (1)$$

где Q_{gr} – производительность устройства, kg/s; $q_{o.a.}$ – количество кормовой смеси, поступающей в гранулирующее устройство за единицу времени, kg/s.

Количество кормовой смеси, поступающей в гранулирующее устройство за единицу времени

$$q_{o.a.} = \frac{m_{o.a.}}{t_j} \cdot \quad (2)$$

где $m_{o.a.}$ – масса кормовой смеси, поступающей в гранулирующее устройство, kg; t_j – единица времени в процесс, s.

Массу кормовой смеси, поступающей в гранулирующее устройство определяем по ее объемную массу

$$m_{o.a.} = \rho_{o.a.} V_{i.h.} \cdot \quad (3)$$

где $\rho_{o.a.}$ – объёмная масса кормовой смеси, kg/m³; $V_{i.h.}$ – рабочий объём устройство, принимающий кормовой смеси, m³.

Рабочий объём устройства, принимающего кормовую смесь, состоит из объемов его бункера V_b и прессовой камеры $V_{p.k.}$

$$V_{i.h.} = V_b + V_{p.k.} \cdot \quad (4)$$

Поэтому определим объёмы бункера установки и камеры прессования.

Бункер гранулирующего устройства имеет форму шестигранной усеченной пирамиды (рис. 2) его объём можно определить следующим выражением.

Объём бункера в форме шестигранной усеченной пирамиды равен

$$V_b = \frac{1}{3} H_b (S_p + S_y + \sqrt{S_p S_y}), \quad (5)$$

где h_b – высота бункера, m; S_p – площадь нижнего основания бункера, m²; S_y – площадь верхнего основания бункера, m².

Площадь нижнего и верхнего основания бункера, имеющий форму шестисторонней усеченной пирамиды

$$S_p = 2\sqrt{3}r_p^2 \quad \text{и} \quad S_y = 2\sqrt{3}r_y^2 \quad (6)$$

где r_p и r_y – радиус окружности, вписанной внутренней поверхности нижнего и верхнего основания бункера, m;

По выражению (6) выражение (5) имеет вид

$$V_b = \frac{1}{3} h_b \left(2\sqrt{3}r_p^2 + 2\sqrt{3}r_y^2 + \sqrt{2\sqrt{3}r_p^2 \cdot 2\sqrt{3}r_y^2} \right), \quad (7)$$

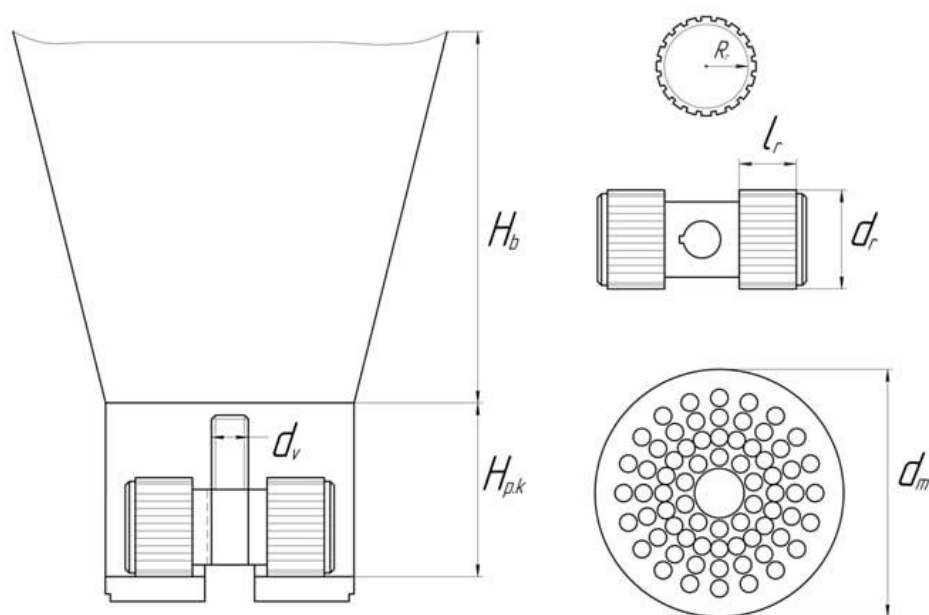


Рисунок 2. Схема по определению объема бункера и прессовальной камеры

Поскольку форма прессовой камеры цилиндрическая, ее объем можно определить следующим образом:

$$V_{p.k..} = S_{p.k.} \cdot H_{p.k.} = \pi R_b^2 \cdot H_{p.k.}, \quad (8)$$

где R_b – радиус прессовальной камеры, м; H_b – высота прессовальной камеры, м.

Если учесть, что внутри прессовой камеры расположены центральный вал и установленные на нем уплотнительные ролики, то при расчете объема прессовой камеры необходимо учитывать и их объем.

Соответственно, фактический объем камеры прессования будет равен

$$V_{p.k..} = \pi R_b^2 \cdot H_{p.k.} - (\pi r_v^2 h_v + \pi n_r R_r^2 l_r), \quad (9)$$

где r_v – радиус центрального вала, м; h_v – высота центрального вала, м; R_r – радиус прессовального ролика, м; l_r – длина прессовального ролика, м; n_r – числа прессующих роликов.

Согласно выражениям (7) и (9), рабочий объем устройства (4), принимающего кормовую смесь, выражается следующим образом

$$V_{i.h.} = \frac{1}{3} h_b \left(2\sqrt{3}r_p^2 + 2\sqrt{3}r_y^2 + \sqrt{2\sqrt{3}r_p^2 \cdot 2\sqrt{3}r_y^2} \right) + \pi R_b^2 \cdot H_{p.k.} - (\pi r_v^2 h_v + \pi n_r R_r^2 l_r). \quad (10)$$

Если $H_b=180$ мм, $R_b=114$ мм, $r_k=100$ мм, $h_{kon}=40$ мм бо'lsa, рабочий объем устройства, принимающий кормовую смесь будет $V_{i.h.}=0,18$ м³.

Определение параметров прессующего ролика. При вращении прессующего ролика по поверхности матрицы часть массы кормовой смеси перед ним перемещается, а другая часть захватывается под ролик и подвергается уплотнению. В результате последовательного наложения и уплотнения новых слоев поверх уже сформированного слоя при последующих проходах ролика материал постепенно выдавливается в отверстия матрицы. При достижении требуемой степени плотности масса непрерывно выходит из отверстий в виде непрерывных гранул, которые затем нарезаются на отрезки заданной длины с помощью ножей, расположенных в нижней части матрицы. Данный процесс во многом определяется способностью прессующих роликов эффективно захватывать объем кормовой смеси, прокатывать и уплотнять ее. Рассмотрим этот процесс в упрощенном виде — на примере взаимодействия прессующего ролика с кормовой смесью без учета матрицы (рис. 3).

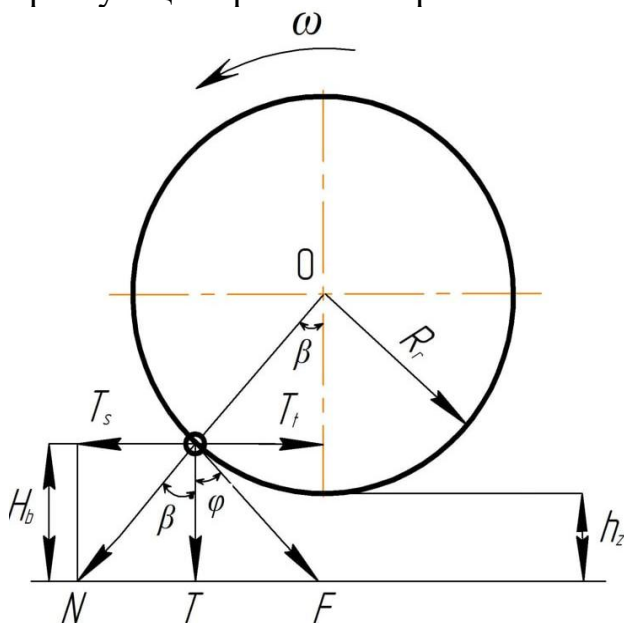


Рисунок 3 — Схема определения параметров прессующего ролика

При вращении ролика и его воздействии на кормовую смесь одновременно возникают толкающая сила T_s и втягивающая сила T_t . Области действия этих сил зависят от соотношения между углом захвата кормовой смеси роликом β и углом ее трения φ . При этом на том участке зоны захвата ролика, где втягивающая сила T_t превышает толкающую силу T_s , сырье захватывается роликом и прокатывается.

$$T_t > T_s \quad (11)$$

$$T_t = F \cos \beta, \quad T_s = N \sin \beta \quad \text{и} \quad F = fN$$

Исходя из того, что

$$fN \cos \beta > N \sin \beta \quad (12)$$

Если учесть, что $f = \tan \varphi$ и $\sin \beta / \cos \beta = \tan \beta$

$$\tan \varphi > \tan \beta \quad \text{или} \quad \varphi > \beta \quad (13)$$

Отсюда можно сделать вывод, что на участке $\beta < \varphi$ зоны захвата уплотняющего ролика сырье втягивается к нему и уплотняется, а на участке $\beta > \varphi$ накапливается и перемещается перед роликом. Учитывая, что $\varphi = 35-38^\circ$, втягивание и уплотнение корма осуществляется на участке ролика, где $\beta < 35^\circ$ Радиус прессующего ролика...

$$R_r \geq \frac{h_k \left[1 + \cos(\varphi_r + \varphi_m) \right] + \frac{2h_o}{\cos \beta}}{1 - \cos(\varphi_r + \varphi_m)}, \quad (14)$$

где h_o и h_k др. — высота кормовой сырьевой массы до и после уплотнения, м; φ_r и φ_m — углы трения сырья о ролик и между собой, град.

Определение размеров отверстий матрицы. При перемещении прессующего ролика над входным отверстием фильеры матрицы масса корма диаметром D отрезается (формируется) от толщины прессуемого слоя H_u до толщины начального уплотненного слоя h_z . В этом процессе определенная часть материала отделяется и направляется из конической части отверстия матрицы в ее цилиндрическую часть, образуя форму гранулы (рис. 4).

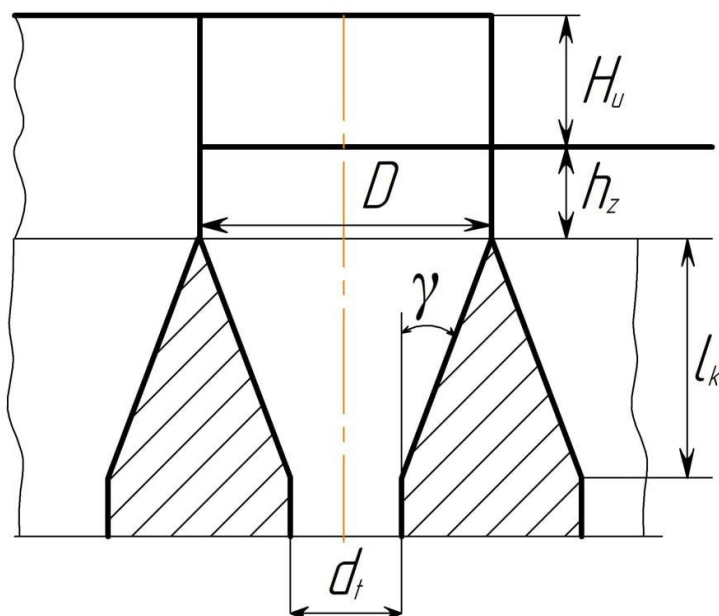


Рисунок 4. Схема отделения гранулы методом срезания.

В связи с тем, что входная часть матрицы имеет коническую форму, ее диаметр D связан с диаметром цилиндрической части d_0 следующей зависимостью:

$$D = d_t + 2l_k \operatorname{tg} \gamma, \quad (15)$$

где l_k — длина конической части отверстия, м; γ — угол конусности, град.

Данное выражение достаточно полно отражает взаимосвязь между основными параметрами отверстий матрицы и позволяет их определить.

Определение давления при образовании гранул. После прохождения конической части масса прессованной гранулы попадает в цилиндрическую часть канала матрицы. Цилиндрический канал является основным элементом, формирующим окончательную геометрическую форму гранулы. Здесь гранула приобретает цилиндрическую внешнюю форму, а ее диаметр и плотность стабилизируются.

Если в конической части материал подвергается интенсивной пластической деформации, то в цилиндрической части преобладает упругодеформированное состояние. В связи с этим в процессе движения по цилиндрическому каналу форма гранулы практически не изменяется, а ее механическая прочность продолжает формироваться. На рисунке 5 приведена общая расчетная схема процесса прессования гранулы, на которой отображены

процесс выдавливания массы через отверстия матрицы и формирование прессованной гранулы. Данная схема позволяет теоретически проанализировать движение материала, распределение давления и силы трения в гранулирующем устройстве.

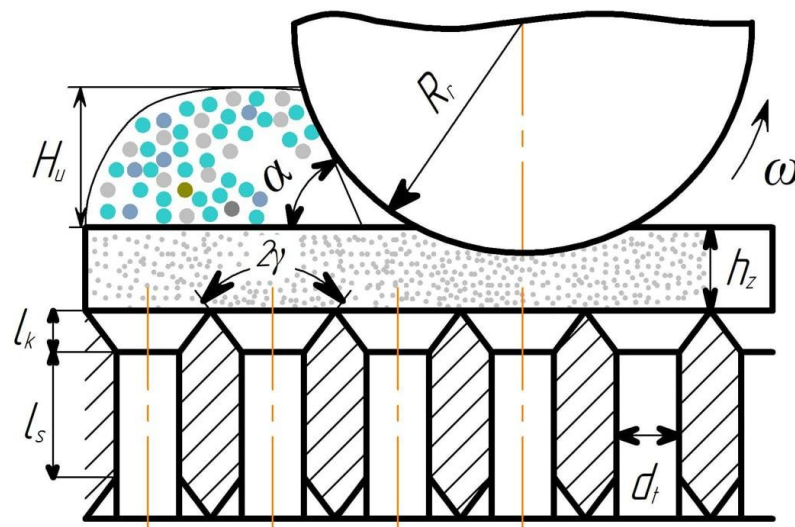


Рисунок 5 — Расчетная схема процесса прессования гранулы

При уплотнении кормовой смеси или сырья в состояние гранул осуществляется процесс непрерывного прессования под давлением. При этом общее давление определяется следующим образом:

$$P_{pr} = P_{qat} + P_{kan}^{kon} + P_{kan}^{sil}, \quad (16)$$

где P_{qat} — давление при послойном уплотнении сырья, N/m^2 ; P_{kan}^{kon} — давление в конической части канала матрицы, N/m^2 ; P_{kan}^{sil} — давление в цилиндрической части канала матрицы, N/m^2 .

Подставив выражения P_{qat} , P_{kan}^{kon} и P_{kan}^{sil} в данную формулу, мы получаем выражение для определения давления при образовании гранул.

$$P_{pr} = \tau_t \frac{4h_{pr}}{d_0 + 2l_k \tan \gamma} + 2 \left(1 + \frac{f_{ishq} v}{2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma} \right) \tau_t \ln \frac{D}{d_0} +$$

$$+ 4 \frac{f_{ishq} l_s}{d_0} \frac{E}{1 + \nu} \frac{(D_{gr} - d_0) \left(\frac{D_{gr}^2}{d_0^2} - 1 \right)}{d_0 \left(1 - 2\nu + \frac{D_{gr}^2}{d_0^2} \right)}, \quad (17)$$

где τ_t — нагрузка текучести, N/m^2 ; h_{pr} — толщина прессуемого слоя, м; d_0 — диаметр цилиндрической части канала матрицы, м; l_k — длина конической

части канала матрицы, м; f_{ishq} — коэффициент трения; γ — угол конусности, град.; V — коэффициент Пуассона; D_k — диаметр конической части канала матрицы, м; l_s — длина конической части канала матрицы, м; D_{gr} — диаметр гранулы, м.

Из полученной зависимости следует, что давление, создаваемое роликом для продвижения прессованной кормовой гранулы через цилиндрический канал, имеет линейный характер. Вместе с тем на давление прессования оказывают влияние такие параметры, как модуль Юнга мелкодисперсного прессуемого сырья корма, коэффициент Пуассона и коэффициент трения частиц корма о цилиндрические стенки матрицы. Полученное уравнение связывает давление прессования гранул корма с основными конструктивными особенностями прессующего ролика и матрицы, а также с физическими свойствами мелкодисперсного сырья корма.

Согласно результатам расчетов, давление в цилиндрическом канале фильеры матрицы снижается с 9,0 МПа до 5,4 МПа. Усилие, действующее на гранулу на выходе из одного канала, составляет приблизительно 68 Н, а суммарное усилие для 48 активных каналов составляет 3,26 кН. Данные значения обеспечивают стабильное формирование гранулы в цилиндрической форме, ее уплотнение за счет трения о стенки канала и приобретение прочной структуры на выходе.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «**Экспериментальное исследование параметров и режимов работы рабочих органов гранулирующего устройства**», приведены результаты экспериментальных исследований параметров и режимов работы рабочих органов гранулятора.

Экспериментальное исследование частоты вращения прессующего ролика гранулятора. В однофакторных экспериментах сначала было изучено влияние частоты вращения прессующего ролика гранулирующего устройства на качество приготовления гранулированных кормов. В ходе экспериментов по изучению влияния частоты вращения ролика на показатели качества работы частота вращения ролика изменялась в диапазоне от 300 об/мин до 400 об/мин с шагом 25 об/мин (табл.1).

Таблица 1

Влияние частоты вращения прессующего ролика гранулятора на качество процесса гранулирования

№	Показатели качества гранулирования	Частота вращения ролика, r/min				
		300	325	350	375	400
1	Однородность гранулированных кормов по длине, %	77,3	79,6	83,9	83,1	81,9
2	Крошимость гранулированных кормов, %	6,2	5,4	4,3	4,7	5,2
3	Плотность гранул, кг/м ³	590	840	1190	1310	1340

В ходе экспериментов по исследованию влияния частоты вращения ролика на показатели качества его скорость вращения изменялась в пределах от 300 r/min до 400 r/min с шагом 25 r/min. По результатам проведённых экспериментов установлено, что при частоте вращения ролика 375 и 400 r/min наблюдается снижение показателя однородности гранулированных кормов по длине. В связи с этим оптимальной была признана частота вращения ролика 350 r/min, и последующие эксперименты проводились именно при данном значении.

Экспериментальное исследование количества прессующих роликов гранулятора. Результаты исследований показали, что с увеличением количества роликов возрастает однородность гранулированных кормов по длине и плотность гранул. Так, при использовании одного ролика однородность по длине составляла 78,6 %, при двух роликах - 82,5 %, а при трёх роликах увеличивалась до 84,1 %.

Данное обстоятельство обеспечивает внешний вид гранул и их равномерное перемещение в процессах дозирования и транспортирования (рис. 6).

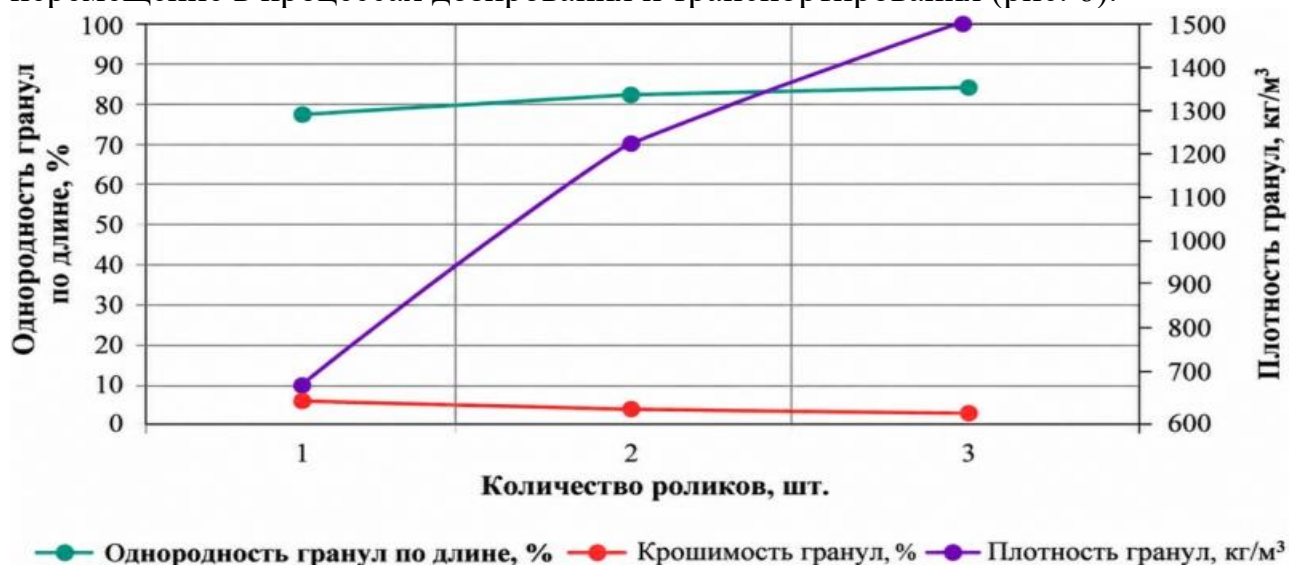


Рисунок 6. Влияние количества прессующих роликов гранулирующего устройства на качество работы.

Это способствует улучшению внешнего вида гранул и обеспечивает их более равномерное перемещение в процессах дозирования и транспортировки.

Кроме того, установлено, что крошимость гранулированных кормов при использовании одного ролика составляла 5,3 %, при двух роликах снижалась до 4,3 %, а при трёх роликах - до 3,6 %. Данный показатель имеет важное значение для повышения прочности гранул и уменьшения потерь при их хранении.

При этом отмечено значительное увеличение плотности гранул: при использовании одного ролика она составляла 580 kg/m³, при двух роликах возрастала до 1190 kg/m³, а при трёх роликах достигала 1520 kg/m³. Повышение плотности гранул способствует увеличению их энергетической ценности, уменьшению занимаемого объёма при хранении и повышению эффективности транспортировки.

Экспериментальное исследование угла установки ножа в грануляторе.

Результаты исследований показали, что при угле установки ножа 90° однородность гранул по длине составила 78,6 %, при угле 120° - 82,6 %, при угле 180° - 92,6 %, а при угле 360° - 88,3 %. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наилучшая однородность гранул по длине достигается при угле установки ножа 180° . Это обеспечивает улучшение внешнего вида гранул, а также их более равномерное перемещение в процессах очистки и транспортировки.

Кроме того, результаты исследований показали, что крошимость гранулированных кормов (%) при угле установки ножа 90° составляла 6,9 %, при угле 120° - 6,1 %, при угле 180° снижалась до 4,1 %, а при угле 360° составляла 5,2 %. Данный показатель свидетельствует о том, что установка ножа под углом 180° обеспечивает наименьшую крошимость гранул. Это способствует улучшению внешнего вида гранул, их более равномерному перемещению в процессах очистки и транспортировки, а также повышению качественных показателей готовой продукции.

В ходе эксперимента количество роликов было установлено равным 2, а частота их вращения - 350 г/мин. При данном режиме наблюдались процесс перемещения кормового материала по матрице, равномерное распределение давления, а также процесс срезания гранул с помощью ножа.

Как показывают результаты, однородность гранулированных кормов по длине изменялась в пределах от 78,3 % до 92,9 %, при этом максимальное значение было зафиксировано при угле 360° . Однако показатель крошимости гранулированных кормов находился в диапазоне от 4,1 % до 6,9 %, а наилучший результат был получен при угле 180° . Кроме того, плотность гранул увеличивалась с 590 kg/m^3 до 1430 kg/m^3 .

Влияние расстояния между ножом и матрицей на качество гранулирования. Проведённые экспериментальные исследования показали, что высота установки ножа изменялась в пределах от 3 мм до 10 мм с шагом 1 мм. Результаты свидетельствуют о том, что при высоте установки ножа 3 мм однородность гранулированных кормов по длине составляла 85,3 %, при 5 мм - 89,4 %, при 7 мм - 92,1 %, при 9 мм - 89,7 %, а при 10 мм - 88,1 %. Как видно, при высоте 7 мм была достигнута наибольшая однородность гранул по длине - 92,1 %. С другой стороны, установлено, что степень крошимости гранулированных кормов также достигала минимального значения 4,1 % именно при высоте ножа 7 мм. При этом плотность гранул составляла 1180 kg/m^3 . Если высота установки ножа чрезмерно уменьшалась до 5 мм, наблюдалось увеличение плотности до 1280 kg/m^3 , однако одновременно возрастала и крошимость гранул. Напротив, при чрезмерном увеличении высоты ножа до 9-10 мм отмечалось снижение показателей плотности и однородности гранулированных кормов.

Влияние уровня прессуемого сырья относительно верхней части бункера прессовальной камеры на качество работы устройства. При проведении экспериментов уровень сырья относительно верхней части бункера прессовальной камеры изменяли в пределах от 0 до 6 см с шагом 1 см.

Результаты показали, что при уровне 0 см количество сырья, выходящего из бункера, составляло 4,7 %, при 1 см - 4,1 %, при 2 см - 3,4 %, при 3 см - 2,6 %, при 4 см - 1,1 %, при 5 см - 0,5 %, а при 6 см выход сырья из бункера полностью отсутствовал (0 %).

Как показали экспериментальные исследования, при уровне сырья 6 см относительно верхней части бункера прессовальной камеры однородность гранулированных кормов по длине составила 92,6 %, крошимость гранул - 4,2 %, а плотность гранул достигла 1195 kg/m³.

Экспериментальное исследование высоты прессовальной камеры гранулятора. В процессе гранулирования конструкция прессовальной камеры, в частности её высота, является одним из важных параметров. Изменение высоты прессовальной камеры оказывает существенное влияние на физико-механические показатели гранулированных кормов, в частности на однородность гранул по длине, степень их крошимости и плотность.

В данном исследовании сравнительно изучались варианты прессовальной камеры с высотой 6 см, 8 см, 10 см и 12 см. Результаты экспериментальных исследований представлены в следующей таблице.

Таблица 2

Влияние количества прессующих роликов гранулятора на качество гранулирования

№	Показатели качества гранулирования	Высота прессовальной камеры, см			
		6	8	10	12
1	Однородность гранулированных кормов по длине, %	77,4	78,9	82,5	79,1
2	Крошимость гранулированных кормов, %	6,5	5,8	4,6	6,8
3	Плотность гранул, kg/m ³	605	1115	1165	1245

В четвёртой главе диссертации, озаглавленной **«Испытания устройства для производства гранулированных кормов для рыб и птицы и определение его технико-экономических показателей»**, приведены краткая техническая характеристика устройства для производства гранул, показатели качества работы гранулятора, определение технико-экономической эффективности разработанного гранулятора, а также расчёт годового экономического эффекта от применения устройства для производства гранул.

Обосновано, что применение устройства для производства гранул Г-200, разработанного на основе рекомендуемых параметров, обеспечивает снижение прямых эксплуатационных затрат до 1,2 раза и повышение качества смешанного продукта на 10-15 %, что позволяет получить годовой экономический эффект в размере 35 812 635,3 сума.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов исследований, проведенных по диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по техническим наукам на

тему «Обоснование параметров и режимов работы устройства для приготовления гранулированных кормов для рыб и птиц», представлены следующие выводы:

1. В Узбекистане при содержании рыбы и птицы целесообразно использовать кормление гранулированными концентрированными кормами, что позволяет повысить эффективность кормления рыб и птиц, облегчить процессы транспортировки и раздачи кормов, а также снизить их уход на отходы.

2. Согласно анализу применяемых способов, устройств, конструкций их рабочих органов, принципов работы при гранулировании различных продуктов и материалов, а также результатам проведенных исследований, для мелкотоварных птицеводческих и рыбоводческих хозяйств целесообразно разработать и применять малогабаритное, энерго-и ресурсосберегающее гранулирующее устройство.

3. Для обеспечения заданной производительности гранулирующего устройства в технологическом процессе в его бункер и камеру прессования должна непрерывно подаваться кормовая смесь в достаточном количестве и данное количество корма должно быть не меньше объема массы, захватываемой уплотняющим роликом и продавливаемой через отверстия матрицы в виде гранул, при этом ролик должен создавать постоянное верхнее давление на подаваемую кормовую смесь и при этом согласно расчетам, рабочий объем бункера устройства для приема кормовой смеси должен составлять $V_{i.h.}=0,18 \text{ м}^3$.

4. На участке зоны захвата уплотняющего ролика, где угол захвата меньше угла трения, то есть при $\beta < \varphi$, сырье втягивается к ролику и уплотняется, а на участке, где $\beta > \varphi$, сырье накапливается и перемещается перед роликом, процесс втягивания и уплотнения корма осуществляется на участке ролика, где $\beta < 35^\circ$, так как угол трения корма $\varphi = 35-38^\circ$.

5. Согласно формуле определения общего давления при уплотнении кормовой смеси или сырья в гранулы, давление, создаваемое роликом для продвижения прессованной кормовой гранулы через цилиндрический канал, имеет линейный характер и на давление прессования влияют такие параметры, как модуль Юнга мелкодисперсного сырья корма, коэффициент Пуассона и коэффициент трения частиц корма о цилиндрические стенки матрицы, т.к.. полученное уравнение связывает давление прессования с основными конструктивными особенностями прессующего ролика и матрицы, а также с физическими свойствами мелкодисперсного сырья.

6. По результатам проведенных экспериментов качественное осуществление технологического процесса в гранулирующем устройстве обеспечивается при следующих параметрах: количество прессующих роликов - 2 шт., частота вращения роликов - 350 об/мин, диаметр матрицы - 155 мм, диаметр ее отверстий на входе - 5 мм, на выходе - 3 мм, угол установки ножа - 180° , расстояние между ножом и матрицей - 7 мм и при этом уровень сырья в бункере камеры прессования должен находиться на 6 см ниже его верхней

грани, а поверхность матрицы должна быть заполнена сырьем высотой не менее 10 см.

7. Габаритные размеры разработанного гранулирующего устройства составляют: длина — 1200 мм, ширина - 300 мм, высота -1000 мм, масса - 120 ± 10 кг, потребляемая мощность не превышает 2,2 кВт, а однородность кормовых гранул составляет 83,9 - 86,3 %, крошимость гранул - 3,8 - 4,7 %, их плотность — $1115 - 1190 \text{ кг/м}^3$ при производительности по основному времени — 225 – 245 кг/ч, эксплуатационному времени - 215,5 кг/ч, что удовлетворяет предъявляемые требования и при его внедрении за счет улучшения качества кормов и снижения затрат достигается экономический эффект в размере 35 812 635,3 сумов в год по отношению к общему объему производимого корма.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/2025.27.12.T.14.02 ON THE AWARD OF
ACADEMIC DEGREES AT TERMEZ STATE UNIVERSITY OF
ENGINEERING AND AGRICULTURAL TECHNOLOGY**

**TERMEZ STATE UNIVERSITY OF ENGINEERING AND
AGRICULTURAL TECHNOLOGY**

BOYKULOV URAL TURDIYEVICH

**JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS AND OPERATING MODES
OF A GRANULATED FEED PRODUCTION DEVICE FOR FISH AND
POULTRY**

**05.07.01 – Agricultural and reclamation machinery. Mechanization of agricultural and
reclamation work**

**Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences
DISSERTATION ABSTRACT**

Termez - 2026

The topic of the of Doctor of Philosophy (PhD) dissertation in technical sciences has been registered with the Higher Attestation Commission under the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan under the number B2023.4.PhD/T4281.

The dissertation was carried out at the Termez State University of Engineering and Agrotechnologies.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is posted on the website of the Scientific Council of Termez State University of Engineering and Agricultural Technologies at the address (kengashitexnika@tdmau.uz <https://tdmau.uz/>) and on the website of the "Ziyonet" information and education portal (www.ziyonet.uz)

Scientific supervisor:	Borotov Atkham Nurmukhammadovich Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Associate Professor
Official opponents:	Imomkulov Kutbiddin Bokljonovich Doctor of Technical Sciences (DSc), Associate Professor Kurbonov Fazliddin Kulmamatovich Doctor of Philosophy, Associate Professor
Leading organization:	Tashkent State Technical University after named I.Karimov

The defense of the dissertation will take place "10" october 2026 at 10:00 hours at the meeting of the Scientific Council (PhD).03/2025.27.12.T.14.02 at the Termez State University of Engineering and Agrotechnologies. (Address: 190100, Termez city, Islam Karimov street, 288A. Tel.: (+99876) 221-87-20; e-mail <https://tdmau.uz/> (Termez State University of Engineering and Agricultural Technologies).

The dissertation can be found in the Information Resource Center of the Termez State University of Engineering and Agrotechnologies (registered under No 09). Address: 190100, Termez city, Islam Karimov street, 288A. Tel.: (+99876) 221-87-20; e-mail: termizmti@mail.ru (Termez State University of Engineering and Agrotechnologies, new building).

The abstract of the dissertation was distributed on "26" September 2026.
(Protocol at the register No 09 dated "16" june 2026).



M.K. Urozov
Chairman of the Scientific Council for
awarding academic degrees, doctor
of technical sciences, professor
B.E. Karshlev
Scientific Secretary of the scientific council
for awarding scientific degrees, doctor
of philosophy in technical sciences, dotsent



F.U. Karshiev
Chairman of the Scientific Seminar under the
Council, in Technical Sciences, dotsent

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the research is to improving the technological process of the device for preparing granulated feed for fish and poultry, and increasing product quality and production efficiency by substantiating its parameters and operating modes.

The scientific novelty of the research is as follows:

a design for an energy-saving granulating device has been developed, featuring a matrix with a variable eye and a pressing roller with increased torque, allowing for the production of granulated feed of the required size for fish and poultry;

the volume of the granulation unit's hopper and the pressing chamber is based on the condition of maintaining a volume of feed mixture sufficient to ensure the specified productivity during its technological operation, ensuring that this amount of feed is captured by the compaction roller and is not less than the amount of feed passed through the matrix holes into the form of granules, as well as continuous pressure from above on the feed mixture separated by the roller;

the diameter and rotation speed of the device's pressing roller are determined based on the ratio of friction and vertical pressure forces, taking into account that the rollers capture the raw material of the required thickness, compact it under high pressure, and press it evenly into the matrix holes by layering;

the diameter and arrangement of the granulation device matrix eyes are based on the formation of granules of the same length of the required size for fish and poultry, taking into account the continuous transfer of raw material directed by rollers.

Implementation of research results. Based on the obtained results on substantiating the parameters and operating modes of the feed mixing device in the pelleting line:

a utility model patent of the State Institution "Center for Intellectual Property" under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan has been obtained for a granulating device with a variable eye matrix and a pressing roller with increased torque ("Press Granulator" FAP 2858 – 2025). As a result, the design of the device has been developed, which allows to produce granulated feed of the required size for fish and poultry with low energy consumption;

initial requirements and technical specifications for the device for preparing granulated feed for fish and poultry have been approved (Certificate of the National Center for Knowledge and Innovation in Agriculture No. 05/04-04-285 dated May 30, 2025). As a result, it was possible to produce a high-quality, energy-saving device for preparing granulated feed for fish and poultry;

granulated feed preparation device has been implemented in farms in the Kumkurgan district, Jarkurgan district, and Termez district of the Surkhandarya region (Certificate of the National Center for Knowledge and Innovation in Agriculture No. 05/04-04-285 dated May 30, 2025). As a result, energy consumption and direct operating costs were reduced by 1.2 times compared to existing devices.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, general conclusions, a list of references, and appendices. The volume of the dissertation is 103 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I-bo'lim (I часть; I part)

1. Boykulov U., Borotov A., Baxromov A. Baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlash qurilmasini ishlab chiqish // Agro ilm. – Toshkent, 2024. – №3(100). – B. 90–91. (05.00.00; №3).
<https://qxjurnal.uz/index.php/ai/issue/view/67/67>
2. Boykulov U., Borotov A., Baxromov A. Granulyator qurilmasi parametrlarining granulaga ta'siri // Agro ilm. – Toshkent, 2024. – Maxsus son №1(101). – B. 93–94. (05.00.00; №3).
<https://qxjurnal.uz/index.php/ai/issue/view/68/68>
3. Boykulov U., Borotov A., Sattarov N. Dollarity of granuler device // Journal of Agriculture and Biological Sciences. – 2024. – Vol. 2, Issue 5. – P. –. ISSN(E): 2938-3781. <https://webofjournals.com/index.php/8/article/view/1389/1338>
4. Boykulov U.T., Borotov A.N. Granulalash jarayonida texnologik parametrlarning granula sifatiga ta'siri // Agromuhandislik yechimlari. – Toshkent, 2025. – №1. – B. 1–4. (05.00.00). <https://agrieng.com.uz/Vol9page1-4>
5. Boykulov U., Borotov A. Investigation of efficiency in granulation device // Eurasian Journal of Humanities and Social Sciences. – 2025. – Vol. 41. – P. 25–27. ISSN: 2795-7683. <https://www.geniusjournals.org/index.php/ejhss>
6. Boykulov U.T., Astanaqulov K.D., Borotov A.N., Karshiyev F.U., G'apparov Sh.X., Ashurov N.A. Press-granulyator // O'zbekiston Respublikasi foydali modelga patent. – Toshkent, 2025. – № FAP 2858. – Rasmiy axborotnoma. – №11. <https://im.adliya.uz/document/check/59fc47c5-7ed9-4ab7-9c91-b21fd0221720>

II qism (II часть, II part)

7. Boykulov U.T., Borotov A.N. Sattarov N.E., Grashkov S. Parranda va quyonlar uchun granulyator qurilmasi // Международная научно-практическая конференция материалы. – Toshkent, 2024. – B. 99–102. <https://inlibrary.uz/index.php/prospects-rabbit/article/view/44029>
8. Boykulov U.T., Borotov A.N. Granulalash qurilmasida pichoqning o'rnatilish burchagining ta'siri // Exploring New Horizons in Education and Academic Research. – 2025. – B. 1–7. <https://doi.org/10.5281/zenodo.21375158>
9. Boykulov U.T., Borotov A.N. Baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlash texnologiyasi: roliklar sonining ta'siri // Bridging the Gap: Education and Science for a Sustainable Future. – 2025. – B. 1–7. <https://doi.org/10.5281/zenodo.21375288>
10. Boykulov U.T., Borotov A.N. Granulalash qurilmasida preslash kamerasi balandligiga bog'liq holdagi o'zgarishlar // Transforming Education Through Scientific Discovery. – 2025. – B. 1–6. <https://doi.org/10.5281/zenodo.21375505>
11. Boykulov U.T., Borotov A.N. Baliq va parrandalar uchun granulalangan ozuqa tayyorlash // “Development of Specialized Higher Education and Science in

the Conditions of Globalization: Problems and Opportunities” International Scientific Conference materiallari. – Toshkent, 2025. – B. 14–20. <https://cdn.tiame.uz/assets/uploads/1eb991ac38c545a9a5240f95f407d5cc.pdf>

12. Borotov A.N., Boykulov U.T. Experimental evaluation of the effect of the number of pressing rollers on the quality of pelletized feed and technological efficiency in a dosing-loading device // “Qishloq va suv xo‘jaligining zamonaviy muammolari” mavzusidagi an‘anaviy XXV - yosh olimlar, magistrantlar va iqtidorli talabalarning respublika ilmiy-amaliy anjumani. 2026 www.tiame.uz Toshkent. 2026. – B. 314–319. <https://zenodo.org/records/21293939>

Avtoreferat Termiz publishing center nashriyoti tahririyatida
tahrirdan o'tkazildi va o'zbek, rus, ingliz (tezis) tillaridagi matnlar mosligi
tekshirildi (14.09.2026 y.)



Bosishga ruxsat etildi: 22.09.2026-yil.
Ofset bosma qog'ozi. Qog'oz bichimi 60x84 1/16.
"Times New Roman" garniturası. Ofset bosma usuli.
Shartli b.t. 3. Adadi 60 nusxa. Buyurtma № 53.
Termiz publishing center nashriyotida chop etildi.
Manzil: Termiz shahri, Ibn Sino ko'chasi, 38 B-uy