

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.10.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

АБДУРОХМОНОВ ШАВКАТЖОН ХАСАНОВИЧ

РОТОРЛИ ДОН МАЙДАЛАГИЧНИНГ ПАРАМЕТРЛАРИНИ АСОСЛАШ

**05.07.01–Қишлоқ хўжалиги ва мелиорация машиналари. Қишлоқ хўжалиги ва
мелиорация ишларини механизациялаш**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

ТОШКЕНТ–2020

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
диссертацияси автореферати мундарижаси**

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

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

Абдурахмонов Шавкатжон Хасанович

Роторли дон майдалагичнинг параметрларини асослаш....

3

Абдурахмонов Шавкатжон Хасанович

Обоснование параметров роторного измельчителя
зерна.....

21

Abdurokhmonov SHavkatjon Xasanovich

Justification of the parameters of the rotary grain shredder

39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works

42

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.10.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

АБДУРОХМОНОВ ШАВКАТЖОН ХАСАНОВИЧ

РОТОРЛИ ДОН МАЙДАЛАГИЧНИНГ ПАРАМЕТРЛАРИНИ АСОСЛАШ

**05.07.01–Қишлоқ хўжалиги ва мелиорация машиналари. Қишлоқ хўжалиги ва
мелиорация ишларини механизациялаш**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

ТОШКЕНТ–2020

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси В2018.4.PhD/T941 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ирригация ва кишлок хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси www.tiiame.uz ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Алижанов Джапбар

техника фанлари номзоди, доцент

Расмий

оппонентлар:

Тўхтақўзиев Абдусалим

техника фанлари доктори, профессор

Қаршиев Фахридин Умарович

техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

“ВМКВ-Agromash” АЖ

Диссертация химояси Тошкент ирригация кишлок хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.10.01 рақамли илмий кенгашнинг 2020 йил «15» декабр 13⁰⁰ соат даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел.: (+99871) 237-09-45, факс: (+99871) 237-46-68, e-mail: admin@tiiame.uz).

Диссертация билан Тошкент ирригация ва кишлок хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин ~~43~~ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел.: (+99871) 237-09-45, факс: (+99871) 237-46-68, e-mail: admin@tiiame.uz

Диссертация автореферати 2020 йил «4» декабр уни тарқатилди.
(2020 йил «4» декабр даги №2 рақамли реестр баённомаси).



Б.С. Мирзаев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

К.Д. Астанақулов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котиби в.в.б., т.ф.д., к.и.х.

А.А. Ахметов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жахонда чорвачиликни тўлиқ қийматли озуқалар билан таъминлаш орқали чорвачилик маҳсулотларини етиштириш самарадорлигини оширишда янги ресурс тежайдиган технологиялар ва техник воситаларни қўллаш етакчи ўрин тутади. «Дунё миқёсида сўнгги йилларда чорвачилик маҳсулотлари, жумладан гўштга бўлган талаб 3 марта ошганлиги ва 2030 йилга бориб яна 2 мартага ортиши кутилаётганлигини ҳисобга олсак...»¹, чорвачилик хўжаликларини тўлиқ қийматли озуқалар билан таъминлаш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Шу жиҳатдан энергия-ресурстежамкор озуқа майдалаш қурилмаларини ишлаб чиқаришга катта эътибор қаратилмоқда.

Дунёда чорвачилик фермалари учун дон материалларини майдалаб озуқа тайёрлаш учун янги турдаги ресурстежамкор технология ва техник воситаларини яратиш ва уларнинг технологик иш жараёнларини асослашга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Шу жиҳатдан солиштирма энергия сарфи кам ва чорва моллари турлари ва ёши бўйича зоотехник талабларга жавоб берадиган майдаланган дон маҳсулотлари олиш ва унинг асосида чангсимон фракция қисми 5 % дан кўп бўлмаслигини таъминлайдиган роторли дон майдалагични ишлаб чиқиш ва параметрларини асослаш зарур ҳисобланади.

Ўзбекистонда чорвачилик хўжаликлари учун энергия ва металл сарфи кам бўлган ва юқори самарадорликка эга ресурстежамкор техника воситалари ва қурилмалари ишлаб чиқиш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «...қишлоқ хўжалигини модернизация қилиш, қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини ишлаб чиқаришни изчил ривожлантириш, мамлакатимиз озиқ-овқат хавфсизлигини янада мустаҳкамлаш, чорва моллари учун озуқа ишлаб чиқаришни кўпайтириш...»² вазифалари белгилаб берилган. Ушбу вазифаларини амалга оширишда, жумладан чорвачилик хўжаликларини тўла қийматли озуқа билан таъминлаш имконини берадиган қурилмаларни техник ва технологик жиҳатдан модернизациялаш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони ва 2019 йил 7 ноябрдаги ПҚ-4512-сон «Қорақалпоғистон Республикасида чорвачилик тармоқларини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги, 2020 йил 29 январдаги ПҚ-4576-сонли «Чорвачилик тармоғини давлат томонидан қўллаб-қувватлашнинг қўшимча чора-тадбирлари тўғрисидаги» қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни

¹ faostat.fao.org.

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947 –сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони.

амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дон майдалаш усуллари ва қурилмалари ҳамда уларнинг назарий ва амалий асосларини ишлаб чиқиш бўйича ҳорижда В.П. Горячкин, П.А. Ребиндер, С.В. Мельников, Л.П. Кормановский, В.А. Сысуев, В.А. Денисов, В.И. Сыроватка, В.И. Пахомов, М.А. Тищенко, Ню Sadri, F.A. Ferreira, S. Kwofie, D. Dziki, F. Lyu, M.M. Ibrahim, X.M. Zhao, W.Wanjun, И.А.Хозяев, А.А. Перов, С.В. Золотарев, Н.М. Смирнов, В.А. Елисеев, Н.С. Сергеев, Л.А. Глебов, Ф.Г. Плохов, П.И. Леонтьев ва бошқалар шуғулланишган.

Ушбу йўналишда эса Республикамизда А.С.Сирожиддинов, Д.А.Алижанов, К.Д.Астанақулов, Ф.У.Қаршиев, Н.М.Курбанов ва бошқалар томонидан илмий тадқиқотлар олиб борилган.

Бу тадқиқотлар натижалари асосида яратилган машина ва қурилмалар чорвачилик ишлаб чиқаришида муайян ижобий натижаларга эришилган ҳолда қўлланиб келинмоқда. Аммо, бу тадқиқотларда ротор ва статор пазлари ўлчамларини аниқлаш, ишчи камерада доннинг ҳаракати ва майдаланиши, иш жараёни сифат кўрсаткичларининг қурилма параметрлари ва иш режимларига боғлиқ ҳолда ўзгариш тавсифлари ўрганилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг А-13-320-«Дон маҳсулотларини майдалаш учун поғонали ишлов бериш машинасининг конструктив-технологик схемасини ишлаб чиқиш ва асослаш» (2007-2009) ва ҚХИ-11-011 «Фермер хўжаликлари учун мўлжалланган роторли дон майдалагични, дон материалларига поғонали ишлов бериш машинасини ва пояли озуқаларни майдалаш машиналарини тайёрлаш, синаш ва ишлаб чиқаришга жорий қилиш» (2009-2010) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади: роторли дон майдалагичнинг технологик иш жараёни, унинг параметрлари ва иш режимларини асослашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

дон майдалагичлар конструкцияларини ишлаб чиқиш ва ишчи органларининг параметрларини асослаш бўйича бажарилган илмий тадқиқот ишларини таҳлилий тадқиқ этиш;

дон майдалагич ишчи камерасида доннинг майдаланиш жараёнини ва дон майдалагичнинг параметрларини асослаш;

дон майдалагич роторининг айланишлар сони, ишчи тирқиши, иш унуми, энергия сарфи ва майдаланиш модулини тажрибавий тадқиқ этиш;

дон майдалагич қурилмасини назарий ва тажрибавий тадқиқотлари натижаларининг адекватлигини аниқлаш;

тавсия этилган роторли дон майдалагични хўжалик шароитида синаш ва иқтисодий самарадорлик кўрсаткичларини аниқлаш.

Тадқиқот объекти сифатида майдаланадиган дон ва роторли дон майдалагич қурилма ҳамда унинг ишчи қимслари олинган.

Тадқиқотнинг предмети донларнинг майдаланиш жараёнини тавсифловчи қонуниятлар, майдалагичнинг ишлаш режимлари ва ишчи органлари параметрлари ташкил этади.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида назарий механика, деҳқончилик механикаси, математик статистиканинг қонун ва қоидалари қўлланилган ҳамда мавжуд меъёрий ҳужжатларда (ГОСТ 20915-2011, O'z DSt 1073-2016) белгиланган усуллардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

донларни ротор ва статор пазлари оралиғида майдалаш имконини берадиган роторли дон майдалаш қурилмаси ишлаб чиқилган;

майдалагич ишчи камерасига киришдаги ротор ва статор пазлари ўлчамлари доннинг диаметри ва майдаланиш деформациясини ҳисобга олган ҳолда аниқланган;

майдалагич роторнинг айланишлар сони дон бўлагининг радиал йўналишда ҳаракатланишини таъминлаш шартидан келиб чиқиб асосланган;

ротор ва статор оралиғида доннинг сиқилиши ва майдаланиш кўрсаткичлари майдалагич ишчи қисмларининг геометрик параметрлари ва тезлик режимларига боғлиқ ҳолда аниқланган;

дон майдалагич мақбул параметрлари қурилма юқори иш унумида майдалашга сарфланадиган энергиянинг энг кам бўлишини ҳисобга олган ҳолда асосланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

майдаланган дон ёрмаларининг бир хил ўртача ўлчамдаги заррачаларнинг тақсимланиш зичлиги болғачали майдалагичларга нисбатан 1,5-2,0 марта юқори бўлишини таъминлайдиган роторли дон майдалагич ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган майдалагичда донлар майдаланганда чангсимон фракция миқдори 3 % дан ортиб кетмаслиги таъминланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги изланишларнинг замонавий усуллар ва ўлчаш воситаларидан фойдаланган ҳолда ўтказилганлиги, назарий ва экспериментал тадқиқотларнинг ўзаро адекватлиги, бажарилган тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган роторли дон майдалагични танлаш мезонлари ва мақбул параметрли ротор ва статор билан жиҳозланган роторли дон майдалагичнинг хўжалик шароитида синовларининг ижобий натижалари ва амалиётга жорий этилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ротор ва статордан иборат роторли дон майдалагични ишлаб чиқиш ва ишчи қисмлар параметрларининг майдаланаётган материалга кўрсатадиган таъсирининг моҳиятини очиб берувчи

аналитик боғланишлар ҳамда эмпирик ифодалар дон майдалагичларга доир мавжуд билимларни бойитади ва роторли дон майдалагичлардан самарали фойдаланиш йўллари тадқиқ этишда назарий асос бўлиб хизмат қилади.

Олинган натижаларнинг амалий аҳамияти-мамлакатимиз чорвадор фермер, шахсий ва деҳқон хўжаликлари ишлаб чиқилган роторли дон майдалагични қўллаганда солиштирма энергия сарфи кам, ихчам, бир ва уч фазали электр тармоқларида ишлай оладиган, чорва моллари ва паррандалар турларига қараб зоотехник талабларга мос майдаланиш модули таъминланган майдаланган дон маҳсулотлари олиш имконини бериши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Роторли дон майдалагичнинг параметрларини асослаш бўйича тадқиқотлар натижалари асосида:

дон материалларини майдалайдиган роторли майдалагичга Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг фойдали моделга патенти олинган (“Дон материалларини оқлаш ва қобиғини ажратиш қурилмаси”, FAP № 01131-2014 й.) Натижада майдаловчи пазларга эга ротор ва статордан ташкил топган роторли дон майдалагич қурилмасини ишлаб чиқиш имконияти яратилган;

роторли дон майдалагич Тошкент вилояти Ўртачирчиқ тумани фермер хўжаликларида жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ хўжалиги вазирлигининг 2020 йил 26-июндаги 02/023-1918-сон маълумотномаси). Натижада донларни майдалаб, озуқа тайёрлашда меҳнат сарфини 1,33 мартага ва жараённинг энергия сифимини эса 1,81 мартага камайтириш имконига эга бўлинган;

роторли дон майдалагични ишлаб чиқаришни ўзлаштириш учун лойиҳа-конструкторлик ҳужжатлари (дастлабки талаблар, техник топшириқлар, техник шартлар ва чизмалар) «Агрегат заводи» АЖ да ишлаб чиқариш жараёнига жорий қилинган. Натижада энергия ва ресурстежамкор роторли дон майдалагични ишлаб чиқариш имкони яратилган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ хўжалиги вазирлигининг 2020 йил 26-июндаги 02/023-1918-сон маълумотномаси).

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 2 та республика ва 2 та халқаро миқёсдаги илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган. Роторли дон майдалагич «Инновацион ғоялар, технологиялари ва лойиҳалар IX республика ярмаркасида» намоиш этилган ва тақдирланган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 12 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларни чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 7 та мақола, жумладан, 5 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган ҳамда Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг 1 та фойдали моделга патенти олинган.

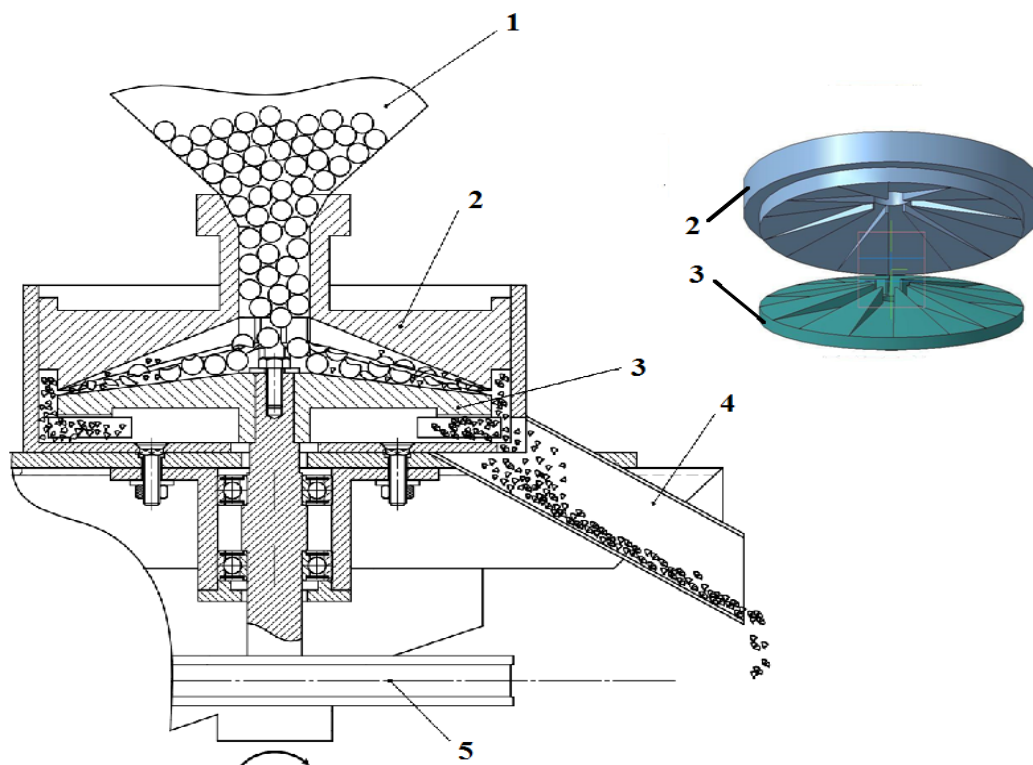
Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, умумий хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 124 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети аниқланган, республика фан ва технологиялари тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ва амалиётга жорий этилганлиги, илмий ишнинг апробация натижалари, эълон қилинган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Дон материалларини майдалаш қурилмаларининг конструкциялари ва ривожлантириш истиқболлари**» деб номланган биринчи бобда дон материалларини майдалаш жиҳозлари конструкцияларининг шарҳи ва таҳлили ҳамда дон материалларини майдалаш учун мавжуд кичик габаритли қурилмаларнинг шарҳи ва таҳлили келтирилган, майдалаш жараёнини технологик ва энергетик баҳолаш, роторли дон майдалагичнинг технологик схемаси ва диссертация ишининг асосий вазифалари асосланган.

Марказдан қочма роторли дон майдалагичнинг такомиллаштирилган конструктив-технологик схемаси ишлаб чиқилган (1-расм).



1-бункер; 2- статор; 3- ротор; 4- тўкиш нови; 5- шкив
1-расм. Роторли дон майдалагичнинг технологик схемаси

Дон майдалагич донни қабул қилиш бункери 1, кўзғалмас ишчи орган статор 2, кўзғалувчан ротор 3, тўкиш нови 4 ва ишчи орган валига ҳаракатни тасма ёрдамида узатувчи шкив 5 дан ташкил топган ва у қуйидагича ишлайди.

Дон маҳсулотлари ҳаракати бункер 1 дан бошланиб, таъминот бўғизи орқали ўтади ва марказдан қочма куч таъсирида статор 2 ва ротор 3 пазларига келиб тушиб, улар орасида майдаланади. Майдаланган маҳсулот ишчи камерадан чиқгач, юклаш куракчалари ёрдамида тўкиш нови 4 га узатилади ва ундан ташқарига чиқарилади.

Диссертациянинг «Роторли дон майдалагичнинг ишлаш жараёни, асосий параметрларини назарий тадқиқ этиш» деб номланган иккинчи бобида роторли дон майдалагичнинг технологик жараёни ва геометрик параметрларини танлаш, майдалагич ишчи камерасида доннинг майдаланишини таъминлаш, ишчи камерада доннинг ҳаракатланиши, ишчи камерада дон ҳаракатини моделлаштиришга доир ўтказилган назарий тадқиқотларнинг натижалари келтирилган.

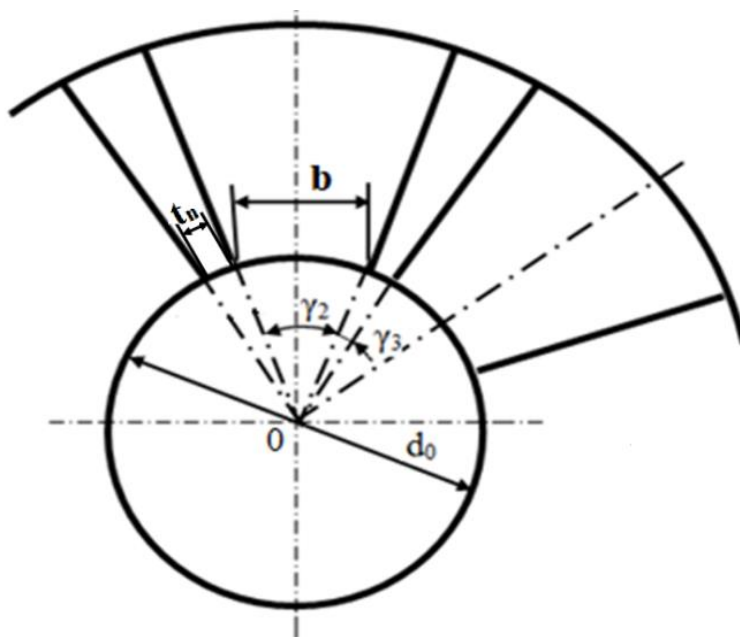
Роторли майдалагичнинг ишчи камераси максимал ўтказиш қобилиятига эга бўлиши учун ротор пазларининг сони Z_p ни мумкин қадар кўп қабул қилиш керак.

Аммо, Z_p қабул қилиш камераси ички диаметри d_0 билан лимитланган, у ўз навбатида дон донасининг гравитация кучи натижасида тўхтаб қолмасдан эркин ҳаракатланиши шартдан келиб чиқиб аниқланилади.

2-расмдан ротор пазларининг сонини аниқлаш ифодаси олинди

$$Z_p = \frac{2\pi}{\gamma_2 + \gamma_3}, \quad (1)$$

бунда $\gamma_2 = 2 \arcsin \frac{b}{d_0}$; $\gamma_3 = 2 \arcsin \frac{t_n}{d_0}$; d_0 - қабул қилиш камерасининг диаметри; b - ротор пазининг кенглиги; t_n – тўсиқнинг эни.



2-расм. Ротор ва статор пазлари сонини аниқлашга доир схема

Z_p бутун сон бўлиши керак, (1) ифодани реализация қилиш қиймати бутун сон бўлмаслиги мумкин, унда “ b ” ёки t_n нинг қийматлари Z_p бутун сонли натижа олишигача мумкин бўлган вариантларда тузатишлар қилинади.

Ҳисоблашларда $d_0=30$ mm, $b=10$ mm ва $t_n=2$ mm қабул қилинди ва қуйидагилар олинди:

$$\arcsin \frac{10}{30} = 19^\circ, \quad \arcsin \frac{2}{30} = 4^\circ, \text{ ундан}$$

$$Z_p = \frac{2\pi}{2(19^\circ + 4^\circ)} = \frac{180^\circ}{23^\circ} = 7,72.$$

Натижалар яхлитланиб $Z_p=8$ қабул қилинди ва унинг ҳисобланган маълумотдан кўп бўлиши t_n ҳисобига компенсация қилинади. Чунки “ b ” нинг қийматини камайтириб бўлмайди.

t_n ни қиймати қуйидагича ҳисобланади

$$t_n = d_0 \sin\left(\frac{\pi}{Z} - 19^\circ\right) = 30 \sin\left(\frac{180^\circ}{8} - 19^\circ\right) = 1,58 \text{ mm}.$$

Статор пазларининг сони Z_c ни $Z_c \leq Z_p$ шартидан қабул қилинади.

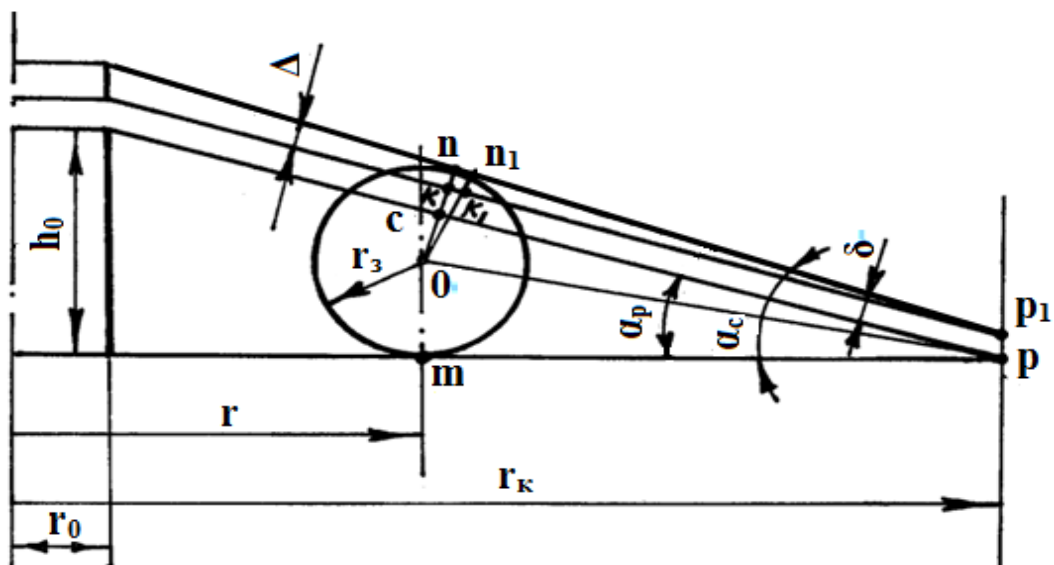
3-расмда келтирилган схемадан фойдаланиб ишчи камерада доннинг майдаланиши бошланишининг биринчи даври, яъни ишчи жараённи дастлабки бошланишини таъминлаш учун қуйидаги шартлар келтириб чиқарилди

$$\alpha_c \geq 2 \arctg \frac{r_3 \sin \alpha_p}{r_3(1 + \cos \alpha_p) - \Delta}; \quad (2)$$

ва

$$r = r_k - \frac{1}{h_0} \left\{ r_3(r_k - r_0) + [r_3 - (\Delta + \delta)] \sqrt{h_0^2 + (r_k - r_0)^2} \right\}, \quad (3)$$

бунда α_c - статор пази тагининг қиялик бурчаги; r_3 - доннинг радиуси; α_p - ротор пазининг қиялик бурчаги; r - роторнинг айланиш ўқидан доннинг марказигача бўлган масофа; r_k - ташқи радиус; h_0 - паз баландлиги; Δ - майдалаш деформацияси; δ - ротор ва статор орасидаги тирқиш.



3-расм. Майдалагичнинг ишчи камерасида донни майдаланишини тадқиқ этишга доир схема

Дон бўлаклари ротор пази бўйлаб ҳаракатланаётганда, унга қуйидаги кучлар таъсир қилади: марказдан қочма куч F_u , Кориолис кучи F_k , оғирлик кучи G , ишқаланиш кучи F_m . Мазкур кучлар таъсирида дон бўлақчаларининг радиал ҳаракати дифференциал тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади

$$\ddot{r} + 2f\omega\dot{r}\cos\beta - \omega^2 r(1 \pm f\sin\beta\cos\beta) + g\cos^2\beta = 0, \quad (4)$$

бунда f - дон бўлагини роторнинг пази бўйлаб ишқаланиш коэффиценти; r - дон бўлагининг радиал кўчиши; ω - роторнинг бурчак тезлиги; g - эркин тушиш тезланиши.

(4) ифодада дон бўлаги пастга тушаётганда қавс ичида “+” ишораси, юқорига кўтарилаётганда эса “-” ишораси олинади.

(4) ифодани ечиб, қуйидаги натижаларга эга бўлинди:

$$r = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \left(r_0 - \frac{C}{B} \right) (\lambda_1 e^{\lambda_2 t} - \lambda_2 e^{\lambda_1 t}) + \frac{C}{B}, \quad (5)$$

ва

$$r = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} \left(r_0 - \frac{C}{B} \right) (e^{\lambda_2 t} - e^{\lambda_1 t}) \quad (6)$$

бунда $B = \omega^2(1 \pm 0,5f\sin 2\beta)$; $C = fg\cos^2\beta$; $\lambda_1 = -\frac{A}{2} + \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + B}$; $\lambda_2 = -\frac{A}{2} - \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + B}$;

$A = 2f\omega\cos^2\beta$; t - вақт.

(5) ва (6) ифодаларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, дон бўлагининг радиал йўналишда ҳаракатланиши фақат қуйидаги шарт бажарилганда таъминланади

$$r_0 - \frac{C}{B} > 0 \text{ ёки } r_0 - \frac{fg\cos^2\beta}{\omega(1 \pm 0,5f\sin 2\beta)} > 0. \quad (7)$$

Бундан

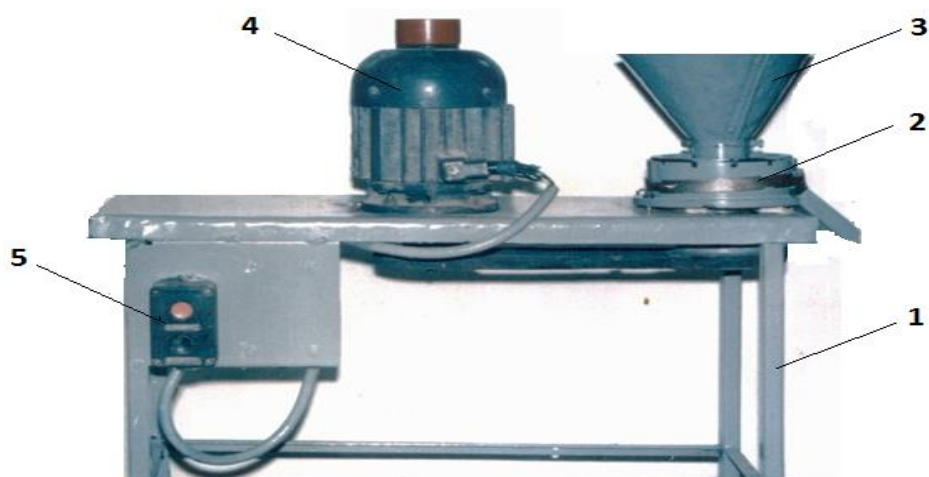
$$\omega > \sqrt{\frac{fg}{r_0(1 \pm 0,5f\sin 2\beta)}} \cos\beta \quad (8)$$

бўлиши лозимлиги келиб чиқади.

Диссертациянинг «**Роторли дон майдалагични экспериментал тадқиқ этиш**» деб номланган учинчи бобида роторли дон майдалагичнинг параметрларининг мақбул қийматларини асослаш бўйича ўтказилган тадқиқотларнинг натижалари келтирилган.

Эксперимент тадқиқотларда тадқиқотларнинг мақсади, вазифалари ва услубиёти, бирламчи экспериментлар натижалари келтирилган ва роторли дон майдалагич ишчи камерасининг иш унуми ва энергия сифими, донли материаллар ёрмасининг сифат кўрсаткичлари ўрганилган.

Роторли дон майдалагичда иш унуми, энергия сарфи ва майдаланиш модулини аниқлаш учун лаборатория қурилмаси ишлаб чиқилди. Қурилма у рама, майдалагич ишчи органи, бункер, электродвигатель ва бошқариш пультадан ташкил топган (4-расм).



1-рама; 2-майдалагич ишчи органи; 3-бункер; 4- электродвигатель; 5-бошқариш пульти
4-расм. Экспериментал тадқиқотлар ўтказиш учун лаборатория қурилмаси

Таъминловчи қисмли бункер конструкциясида ишчи камерани юклаш гравитацион ҳамда ростловчи заслонкалар орқали бажарилиши кўзда тутилган. Ишчи орган дон материалларини зоотехник талаблар бўйича керакли катталиқда майдалаш учун ротор ва статор ишчи юзалари пазлардан тузилган. Ротор тагида майдалагич корпусида ўрнатилган бўшатиш новига майдаланган маҳсулотни узатувчи куракли диск ўрнатилган. Понасимон тасмали юритманинг узатишлари сони майдалагич кичик айланишлар сонисида ишлаганида ротор валини керакли айланттирувчи момент билан таъминлайди.

Майдалагич параметрлари ва иш режимларининг мақбул параметрларини аниқлашда назарий тадқиқотларларда олинган ротор ва статор параметрлари: ротор ва статорнинг диаметри, ротор ва статордаги пазлар сони, пазнинг кириш жойидаги баландлиги, бункер патрубкиси киришдаги диаметри, бункер сифимининг доимий этиб, ўзгарувчан омиллар сифатида ишчи камерадаги тирқиш катталиги ва роторнинг айланишлар частотаси қабул қилинди. Экспериментлар қабул қилинган услублар асосида бир омилли кўринишида, бир турдаги дон (буғдой) да ўтказилди. Асосий тажрибалар умумий сони қурилма тезлик режимларининг тўртта даражасида, ишчи камера тирқишларининг олти та қийматларида 24 тани ва мос равишда 5 мартадан такрорлашларда 120 мартани ташкил этди.

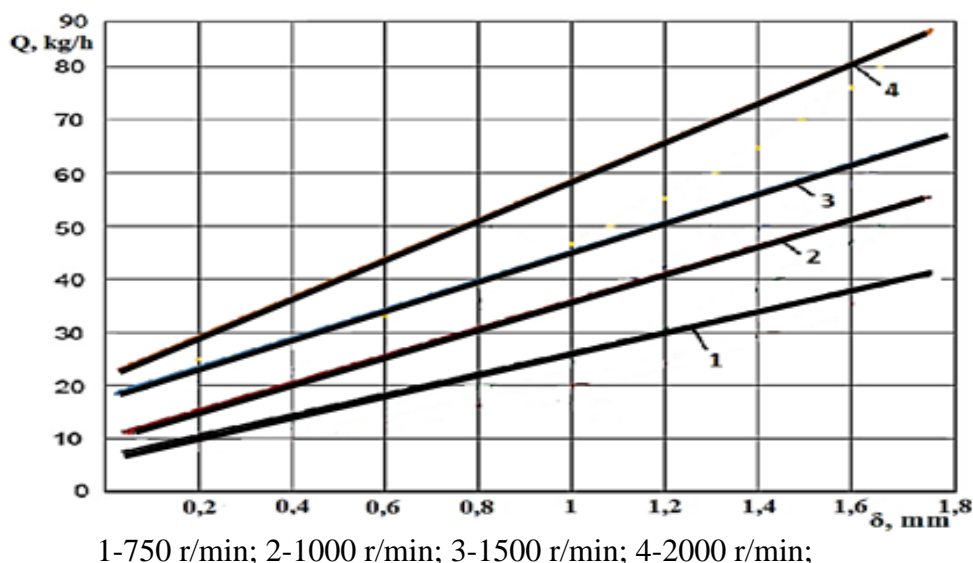
Майдалагич ишчи камерасининг иш унуми ва энергия сифимини тадқиқ қилиш. Олинган натижалардан кўринадики δ тирқишнинг ортиши билан иш унуми ортади, қувват сарфи ҳам (умумий ва майдалашга) монотон равишда ошиб боради. Тирқиш кичик, яъни $\delta=0,25$ mm бўлганида бундан истисно бўлди. Шу билан бирга барча режимларда майдалаш солиштирма ишининг сезиларли ўсишида минимал иш унуми олинди.

Тажриба Q ва A қаторларининг тақсимланишининг хусусияти $Q_m=f(\delta)$ ва $A=f(\delta)$ моделларидан фойдаланишни тахмин қилиш қуйидаги кўринишдаги ифодаларни келтириб чиқаради:

$$Q_m=a_0+a_1 \cdot \delta+a_2 \cdot \delta^2; \quad (9)$$

$$A_m=b_0+b_1 \cdot \delta+b_2 \cdot \delta^2. \quad (10)$$

$Q_m=f(\delta)$ модели коэффициентларини энг кичик квадратлар усулида «MatLAB» дастурида тўғридан тўғри ҳисоблаш тартиби орқали ЭХМ да ҳисобланди.



1-750 r/min; 2-1000 r/min; 3-1500 r/min; 4-2000 r/min;
5-расм. Ротор ва статор орасидаги тирқиш δ га боғлиқ равишда ишчи камера иш унуми Q нинг ўзгариши (буғдой учун)

5-расмда $Q_m=f(\delta)$ нинг турли тезлик режимларида боғлиқлик характери тажриба натижалари бўйича Q қийматларни белгилаш орқали кўрсатилган. Тегишли кесимларда эгриликлардан чекиниш, шунингдек векторларнинг сон қийматлари (хатоликларнинг максимал катталиклари учун 5% дан кўп эмас) назарий моделларнинг тажриба билан яхши мос келишини кўрсатади.

Иш унумининг ўсиш тезлиги тўғри чизиқли характерга эга:

$$n=750 \text{ r/min да } Q_{1m} = -0,1030 + 18,04 \cdot \delta;$$

$$n=1000 \text{ r/min да } Q_{2m} = -8,6644 + 31,75 \cdot \delta;$$

$$n=1500 \text{ r/min да } Q_{3m} = -0,5185 + 25,88 \cdot \delta;$$

$$n=2000 \text{ r/min да } Q_{4m} = -0,8335 + 33,96 \cdot \delta.$$

Бу ифодалардан кўришиб турибдики, иш унумининг энг тез ўзгариши $n=2000 \text{ r/min}$ да, бу ротор пазларида зарраларнинг тез ҳаракатланишига сабаб бўлувчи марказдан қочма кучларнинг ўсиши билан изоҳланади.

Худди шу тартибда майдалашнинг солиштирма иши модели учун коэффициентлари аниқланди (6-расм). Бироқ, олинган хатоликлар ($A-A_m$) ҳамма режимларда катта бўлиб, кўп ҳолатларда 10-15% ни ташкил этди (A қирқимларда).

Моделнинг мослашувчанлигини ошириш, яъни хатолар вектори элементлари ҳар бир режимини қиймат миқдорини камайтириш учун тенглама даражаси катталаштирилди:

$$A_m = e_0 + e_1 \cdot \delta + e_2 \cdot \delta^2 + e_3 \cdot \delta^3. \quad (11)$$

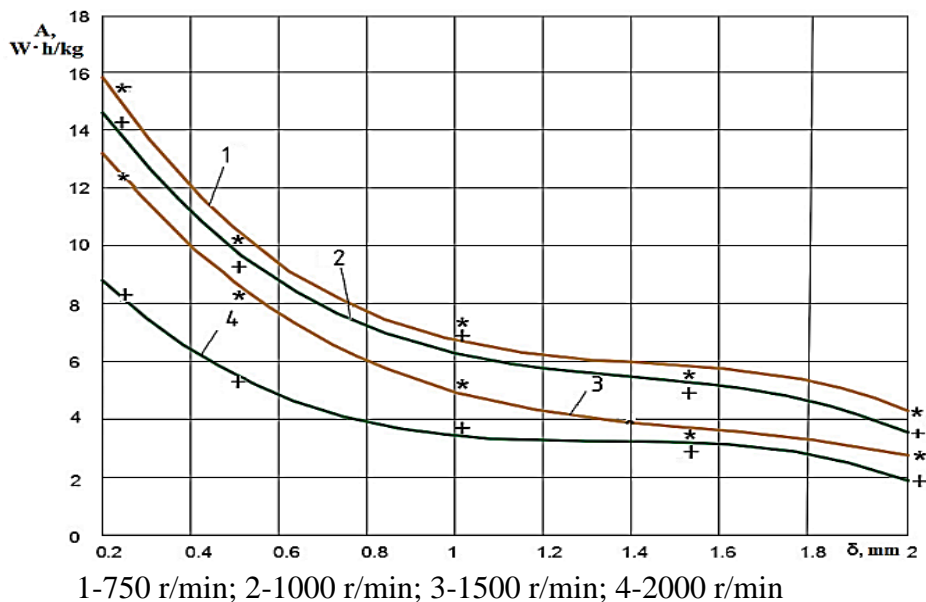
Натижада қуйидаги ифодалар тизими айланишлар частотасининг кўпайиши тартибида олинди:

$$A_{1m} = 21,43 - 21,23 \cdot \delta + 21,58 \cdot \delta^2 - 5,15 \cdot \delta^3 - \max \text{ да } \{A_1 - A_{1m}\} = 0,46 (8,2\%);$$

$$A_{2m} = 17,72 - 28,45 \cdot \delta + 19,69 \delta^2 - 4,78 \cdot \delta^3 - \max \text{ да } \{A_1 - A_{2m}\} = 0,52 (5,6\%);$$

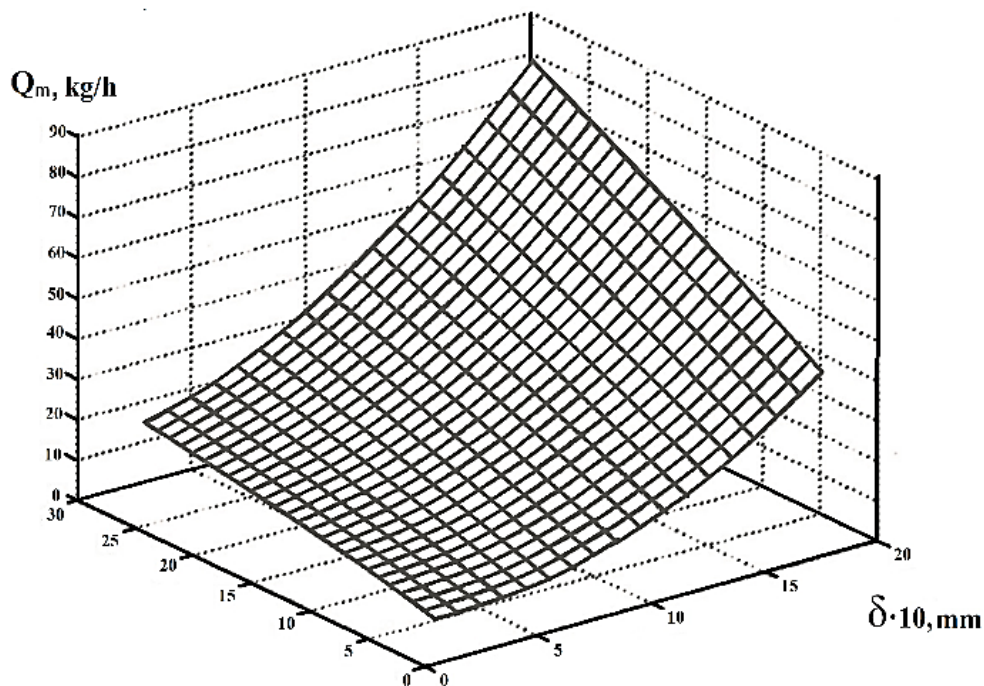
$A_{3m}=17,7528-24,9969\cdot\delta+15,4096\cdot\delta^2-3,359\cdot\delta^3-\max$ да $\{A_3-A_{3m}\}=0,69$ (8,3%);
 $A_{4m}=12,51-23,05\cdot\delta+15,96\cdot\delta^2-4,07\cdot\delta^3-\max$ да $\{A_4-A_{4m}\}=0,16$ (3%).

6-расмда $A_m=f(\delta)$ боғлиқликнинг хусусияти тадқиқот натижалари A ни нукталар кўринишида киритиш орқали кўрсатилган, улар назарий ва эксперимент натижаларини яққол ифодалайди.



6-расм. Турли тезлик режимларда ишчи камера тиркиши δ га боғлиқ ҳолда буғдой дони майдаланишига солиштирма иш A нинг боғлиқлиги

$Q_m(\delta, n)$ сиртни тўлиқроқ тасвирлаш учун унинг уч ўлчамли фазовий кўриниши 7-расмда, δ ва n боғлиқликлар характерини тасвирловчи кўриниши эса 10 та кесимда (9 kg/h дан кейин) 8-расмда кўрсатилган.



7-расм. Уч ўлчамли фазода $Q_m(\delta, n)$ сиртнинг умумий кўриниши (буғдойни майдалашда)

Кўришиб турибдики, $Q_m(\delta, n)$ сирт бир хилда ўсади, δ ва n текислик бошида ўсиш ботик кўринишга эга бўлиб, кейинроқ қабарик кўринишга эга бўлади. Сирт юзаси эгрилигининг ўзгариши кесимлар сиртида ҳам яққол кўринади. 7 ва 8-расмлардаги график кўринишлар тўғридан тўғри ҳисоб-китоблар орқали «MatLAB» дастурида мос файллардан фойдаланилган ҳолда қурилди.

$A_m = \varphi(\delta, n_1, Q)$ моделнинг ифода кўриниши кетма-кет яқинлаштириш усулида аниқланган. Коэффициентлар баҳоланганидан кейин энг кичик квадратлар усули ёрдамида қуйидаги ифода олинди:

$$A_m = 24,0529 - 27,9075 \cdot \delta + 11,2004 \cdot \delta^2 - 1,0103 \cdot n_1 - 75 \cdot n_1^2 + 0,6025 \cdot Q + 0,0032Q^2 + 0,6824 \cdot \delta \cdot n_1^2 - 0,473 \cdot \delta \cdot Q - 0,0061 \cdot n_1 \cdot Q. \quad (12)$$

Бу ерда максимал хатолик $A - A_m = 0,6832$, бу ўз навбатида $A = 6,7$ га нисбатан 10,1% ни ташкил қилади. (12) ифодада $n_1 = n \cdot 10^{-2}$. Даражанинг бундан кейинги ошиши хатоликларнинг сезилмас даражада камайишини, яъни моделнинг яхшиланишини таъминлайди. Кўришиб турибдики майдалашнинг солиштирма ишига δ билан n ва Q элементларининг чизиқли қисми энг катта таъсир қилади.

Худди шундай кўрсаткичлар маккажўхори донини майдалаш натижаларидан ҳам олинди.

Донли материаллар ёрмасининг сифат кўрсаткичларини тадқиқ этиш.

Ишлаб чиқаришда ёрма сифати стандарт ғалвирлар жамланмасидан майдаланган маҳсулотни элаб ўтказиш асосида аниқланади. Олдиндан ўтказилган тажрибалар майдаланган дон ёрмаси тарқалиш зичлиги юқорилигини кўрсатди. Шу сабабли стандарт ғалвирлар йиғмасини кўпайтиришга тўғри келди. Бу тасодиқий катталиқ x_i (дон майдалангандан кейинги ёрма ўлчамлари) ни интерваллари сонини кўпайтириш ва кўпроқ тўла дискрет экспериментал тарқалишни ҳамда назарий моделларни олиш имконини берди.

Юқорида ёзилган услубиятга мос равишда буғдойни майдалашда ротор айланишлар частотаси 750 r/min да ва ишчи камера тирқиши $\delta = 1,5$ mm да олинган тажриба натижаларига ишлов берилгандан сўнг 1-жадвалда 5 та такрорлашларнинг ўртача қиймати бўйича ёрма натижалари келтирилди.

1-жадвал.

$n = 750$ r/min ва $\delta = 1,5$ mm да ёрма заррачаларининг ўлчамлари бўйича тарқалиши

Заррачалар ўлчамлари x_i , mm	1,1-1,35	1,35-1,75	1,75-2,25	2,25-2,75	2,75-3,0
Учрашишлар сони P_i	0,04	0,06	0,1	0,3	0,5
Тўпланган учрашишлар сони йиғиндиси $F = \sum P_i$	0,04	0,1	0,2	0,5	1,0

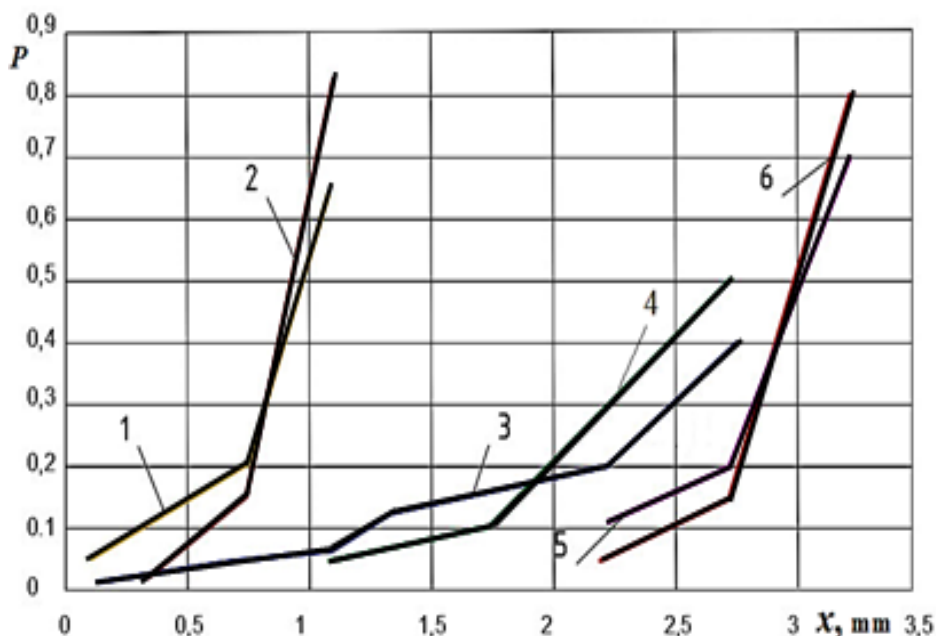
1-жадвалда келтирилган дискрет (экспериментал) тарқалиш сонли маълумотлари ёрма заррачаларининг ўртача катталигини

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^5 x_i \cdot P_i = 2,35 \text{ mm},$$

ҳамда дисперсиясини аниқлаш имконини беради

$$D = \sum_{i=1}^5 (x_i - \bar{x})^2 \cdot P_i = 0,2415.$$

Тажрибалар натижалари бўйича жараёни аналитик ёзиш ва ҳар хил турдаги маълум тасодифий катталикларнинг тарқалиш функциялари (нормал тарқалиш, гамма-тарқалиш, экспоненциал тарқалиш ва шунга ўхшашлар) қўлланилади. Қўйилган масалада назарий тарқалишнинг кўпроқ тўғри келадиган типини аниқлаш учун 9-расмда $n=750 \text{ r/min}$ да δ нинг ҳар хил қийматлари учун қурилган график кўринишида келтирилган ва бунда $P = f(x)$ функция кўриб чиқилди.



1- $\delta = 0,25 \text{ mm}$; 2- $\delta = 0,5 \text{ mm}$; 3- $\delta = 1 \text{ mm}$; 4- $\delta = 1,5 \text{ mm}$; 5- $\delta = 1,75$; 6- $\delta = 2,25 \text{ mm}$

9-расм. $n=750 \text{ r/min}$, δ тирқиш турлича бўлганида буғдойни майдалашда зарраларнинг ўлчамлари частоталарининг экспериментал тақсимланиши

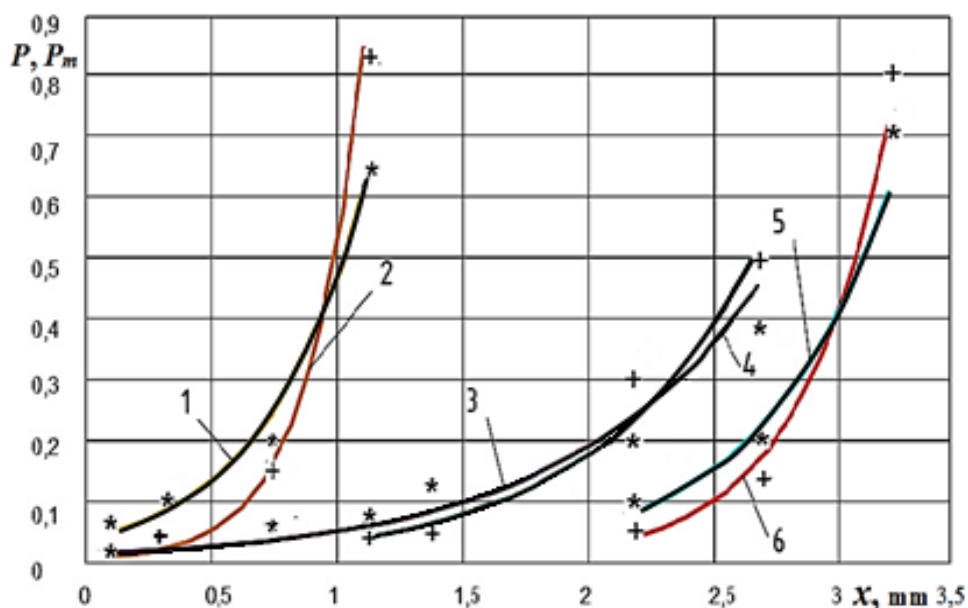
9-расмдан боғлиқликлар чизикли эмас ва δ катталашиши билан қатъий ўсиши кўриниб турибди. Шу сабабли

$$P_m = A \cdot e^{bx} \text{ ёки } P_m = A \cdot x^a \cdot e^{bx}, \quad (13)$$

кўринишдаги экспоненциал тарқалишни танлаш тўғри бўлади, бу ерда: индекс m -моделнинг таълуқлилигини билдиради; A , a , b -коэффициентлар, уларни тажрибалар натижалари базаси бўйича аниқланади.

Тажрибада олинган ҳолат учун мос равишда $P_m = A \cdot e^{bx}$ қабул қилинди. Уни чизикли кўринишга келтириш учун қайта ўзгартириш бажарилди: $z = \ln(P)$; $a_0 = \ln A$ ва $a_1 = b$ қабул қилинди.

Ушбу ифода коэффициентлари ЭХМ да «MatLAB» дастурида ҳисобланди. 10-расмда $P(x)$ дискрет катор нуқталар ва $P_m(x)$ узлуксиз эгри чизиқлар кўринишида берилган.



1- $\delta = 0,25$ mm; 2- $\delta = 0,5$ mm; 3- $\delta = 1$ mm; 4- $\delta = 1,5$ mm; 5- $\delta = 1,75$ mm; 6- $\delta = 2,25$ mm

10-расм. $n=750$ r/min, δ тирқиш турлича бўлганида маккажўхори донини майдалашда ўлчамлар частотасининг назарий (сидирға чизиқлар) ва экспериментал (нуқталар) тақсимланиши

10-расмдаги эгри чизиқлар 1, 2, 5, 6 ҳолларда, кичик $\delta=0,25-0,5$ mm ва катта $\delta=1,75-2,25$ mm тирқишлар учун тақсимланишлар юқорилигини кўрсатди. 1, 2 эгри чизиқлар учун барча зарралар мос ҳолда $D_1=0,082-0,09$ ва $D_2=0,0408-0,0339$ дисперсияларда ($P=1$ эҳтимоллиги билан) $0,98$ mm интервалда жойлашган. 5, 6 эгри чизиқлар учун 1 mm узунликда жойлашган майдаланиш зарралари мос ҳолда $D_5=0,1337-0,11$; $D_6=0,0688-0,0719$. Бу майдаланган маҳсулот зарраларининг бир хиллигидан далолат беради.

Шундай қилиб, $\delta=0,25$ да $\bar{x} = 0,9 \pm 0,2$ диапазонга майдаланган маҳсулотнинг 70% тўғри келади. Чангсимон фракциялар ($x < 0,1$) миқдори эса, 3% дан кўп эмас. Чангсимон фракциянинг мавжудлиги фақат $\delta=0,25; 0,5; 1$ mm бўлганида мавжуд. Катта тирқишларда эса майдаланган маҳсулотда чангсимон фракциялар йўқ. Тирқиш $\delta=1-1,5$ mm бўлганда зарра ўлчамларининг тарқалиши катта бўлиши кузатилди. Жумладан, тирқиш $\delta=1$ mm бўлганда чангсимон фракция кам (2% дан кўп эмас) бўлиши ва унинг дисперсияси кўриляётган ҳол учун энг катта $D_3=0,5209-0,5067$ бўлиши аниқланди. $\bar{x} = 2,05 \pm 0,7$ диапазонда эса майдаланган зарралар миқдори майдаланган массанинг 70% ни ташкил қилди. \bar{x} ва δ ўртасидаги фарқ ишчи камерада чиқиш momentiдаги зарраларнинг парчаланиши ва ҳаракатланишидаги жараён хусусиятлари билан изоҳланади. $\delta=1,75-2,25$ mm бўлганда, тақсимланиш зичлиги $\delta=2,25$ mm га нисбатан анча катта бўлсада зарраларнинг ўртача ўлчамлари кам фарқланади. Бу катталиги δ

ўлчамдан катта ёки кичик бўлган майдаланмаган зарралар чиқишининг кўпайиши билан изоҳланади.

Ротор айланишлари $n=1000, 1500, 2250$ r/min бўлганида буғдойда ўтказилган худди шундай тажрибалар натижалари таҳлилидан кўришиб турибдики, δ тирқиш бир хил бўлганида майдалаш сифатида сезиларли фарк йўқ. Буни тасдиқлаш учун $\delta=1,5$ mm бўлганда $n=1000$ r/min даги дискрет тақсимланиш параметрлари ва назарий моделлари ЭХМ да ҳисобланди.

Бунда $P_m=0,0038 \cdot e^{1,5879 \cdot x}$ модели дискрет (тажриба) тақсимланишдаги максимал хатолик 0,0751 билан жуда яқин келади. Тўпланган частоталар йиғиндисининг модели мураккаблиги анча юқори:

$$F_m = 0,0096 \cdot x^{5,4877} \cdot e^{-0,1863x^2}.$$

Бунда максимал хатолик 0,1356 га тенг. У ҳолда тақсимланиш модели куйидагича бўлади

$$\varphi_m = 0,0527 \cdot x^{4,4877} \cdot e^{-0,1863x^2} - 0,0036 \cdot x^{5,4877} \cdot e^{-1,863x^2}$$

Ҳисоб-китоблар $x_m = 2,7438$ ва $D_m = 0,3180$ ни беради.

Худди шундай кўрсаткичлар маккажўхори донини майдалаш натижаларидан ҳам олинди.

Диссертациянинг «**Роторли дон майдалагични хўжалик шароитида синаш натижалари ва унинг иқтисодий кўрсаткичлари**» деб номланган тўртинчи бобида роторли дон майдалагич тажриба нусхасининг қисқача техник тавсифи, хўжалик синовлари натижалари ва унинг иқтисодий самарадорлиги келтирилган.

Хўжалик синовлари натижаларига кўра роторли дон майдалагич билан майдаланган дон ёрмаларининг ўлчамларининг тақсимланиш зичлиги болғачали майдалагичларга нисбатан 1,5-2,0 марта юқори эканлиги аниқланди. Шу билан бирга чангсимон фракцияларнинг миқдори 3% дан ошмади ва зоотехник талабларга тўлиқ жавоб берди. Машинанинг энергетик кўрсаткичлари бўйича унинг солиштирма энергия ҳажмдорлиги 0,005 kW h/kg дан кичик ва бу стандарт талабларга жавоб беради.

Дон майдалагич фойдаланиш даврида ишончли ишлади, бузилишлар ва синишлар кузатилмади.

Техник иқтисодий ҳисобларнинг кўрсатишича, таклиф этилаётган роторли дон майдалагични қўллаб, дон маҳсулотлари майдаланганда меҳнат сарфи базавий машина бўйича 13,3 kishi-h/t ни, янги машина бўйича эса 10 kishi-h/t ни, меҳнат сарфи тежалиши 1,33 баробарни ташкил қилди.

Электр энергия сарфи базавий машинада 10,4 ming so'm/t ни, янги машина бўйича эса 5,2 ming so'm/t ни ташкил этиб, жараённинг энергия сифими янги дон майдалаш машинасини қўллаш натижасида 1,81 баробарга камаяди.

Янги дон майдалаш машинасини қўллашдан олинган йиллик иқтисодий самара эса 6219746 so'm ни ташкил қилади.

ХУЛОСА

«Роторли дон майдалагичнинг параметрларини асослаш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Донли материалларни майдалашда қўлланиладиган мавжуд ишчи органлар ва кичик ўлчамли дон майдалагичлар конструкцияларини тадхлил қилиш солиштирма энергия сарфи кам ва майдаланган дон ёрмаси зоотехник талабларга жавоб берадиган роторли дон майдалагич конструкциясини яратиш имконини берди.

2. Ротор ва статор пазлари оралиғига доннинг кириши, ҳаракатланиши ва майдаланиш жараёни динамикаси бўйича аналитик боғлиқлик кўринишида олинган моделлар роторли дон майдалагич асосий параметрлари ва ишлаш режимларини аниқлаш имконини беради.

3. Роторли майдалагич қурилмани экспериментал тадқиқ этиш донларни ротор ва статор оралиғида майдалаш технологик жараёнини назарий тадқиқ этиш натижаларини 5-15% аниқликда адекватлигини тасдиқлади.

4. Роторли дон майдалагичда ротор ва статор дисклари радиуслари 100 mm, ротор пазлари сони 8 та, статор пазлари сони 7 та, ротор ва статорнинг киришдаги пазлар баландлиги 10 mm, ротор ва статор пазларининг киришдаги кенглиги 10 mm, чиқишдаги кенглиги эса 50 mm, ротор пазининг қиялик бурчаги 7 градус, статор пазининг қиялик бурчаги эса 13 градус ва роторнинг айланишлар частотаси 1500 r/min бўлганда донларни минимал энергия сарфи билан сифатли майдалашга эришилади.

5. Дон майдалагичнинг мақбул параметр ва иш режимлари майдаланган дон ёрмалари ўлчамларининг тақсимланиш зичлиги болғачали майдалагичларга нисбатан 1,5-2,0 марта юқори бўлиши, чангсимон фракцияларнинг миқдори 3% дан ошмаслиги ва зоотехник талабларга тўлиқ жавоб беришини таъминлайди.

6. Янги роторли дон майдалагичдан фойдаланилганда меҳнат сарфи 1,33 мартага тежалди, жараённинг энергия сифими 1,81 мартага камаяди ва йиллик иқтисодий самара 6219746 со'тми ташкил этади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.10.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ
ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

АБДУРОХМОНОВ ШАВКАТЖОН ХАСАНОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РОТОРНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ
ЗЕРНА**

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

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

ТАШКЕНТ–2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2018.4.PhD/T941

Диссертация выполнена в Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском и английском (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу: www.tiame.uz и образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Алижанов Джапбар

кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Тухтакузиев Абдусалим

доктор технических наук, профессор

Каршиев Фахриддин Умарович

кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:


АО"ВМКВ-Agromash"

Защита диссертации состоится «15» декабрь 2020 г. в 13⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.10.01 при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (Адрес: г. Ташкент 100000, ул. Кары Ниязи, 39. Тел. (+99871)237-09-45, факс: (+99871) 237-46-68, e-mail admin@tiame.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (регистрационный номер 143) (Адрес: г. Ташкент 100000, ул. Кары Ниязи, 39. Тел. (+99871) 237-09-45), факс: (+99871) 237-46-68, e-mail admin@tiame.uz).

Автореферат диссертации разослан «4» декабрь 2020 года.
(Протокол рассылки № 2 от «4» декабрь 2020 года).




Б.С. Мирзаев
Председатель научного совета по присуждению
ученых степеней, д. т. н. профессор



К.Д. Астанакулов
Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученых степеней, в.и.о., д.т.н., с.н.с.



А.А. Ахметов
Председатель научного семинара при научном совете
по присуждению ученых степеней, д. т. н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире ведущее место в повышении эффективности производства продукции животноводства путем обеспечения полноценными питательными кормами занимает применение новых ресурсосберегающих технологий и технических средств. «Учитывая тот факт, что мировой спрос на продукцию животноводства, в том числе на мясо, за последние годы увеличился в 3 раза и ожидается увеличение к 2030 году еще в 2 раза...»¹, обеспечение животноводческих ферм полноценными питательными веществами является одной из важных задач. В связи с этим большое внимание уделяется производству энерго-ресурсосберегающих кормоизмельчающих устройств.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на создание новых видов ресурсосберегающих технологий и технических средств для приготовления кормов, путем измельчения зерновых материалов в животноводческих хозяйствах и обоснование их технологических рабочих процессов.

В связи с этим считается необходимым разработка и обоснование параметров роторного измельчителя зерна обеспечивающего минимальные удельные энергозатраты, получение измельченных зерновых продуктов, соответствующих зоотехническим требованиям по виду и возрасту скота и на основе этого обеспечение пылеобразной фракции, не превышающей 5%.

В Узбекистане ведутся широкомасштабные мероприятия по разработке высокоэффективных, с низким энергопотреблением и металлоемкостью, ресурсосберегающих технических средств и устройств для животноводческих ферм. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы даны определенные задачи, в том числе «...модернизация сельского хозяйства, последовательное развитие сельскохозяйственного производства, дальнейшее укрепление продовольственной безопасности нашей страны, увеличение производства кормов для животных...»². При реализации этих задач, в том числе техническая и технологическая модернизация устройств, позволяющих обеспечить животноводческие хозяйства полноценными кормами, является одной из важных вопросов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по приоритетным направлениям развитию Республики Узбекистан» и в Постановлениях ПП-4512 от 7 ноября 2019 года «О мерах по ускоренному развитию отраслей животноводства в Республике Каракалпакстан», ПП-4576 от 29 января 2020 года «О дополнительных мерах государственной поддержки животноводческой отрасли» а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

¹faostat.fao.org.

²Указ Президента Республики Узбекистан № УП 4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан»

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II «Энергетика, энергия и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. За рубежом с разработкой методов и устройств по измельчению зерна, а также их теоретических и практических основ занимались В.П.Горячкин, П.А.Ребиндер, С.В.Мельников, Л.П.Кормановский, В.А.Сысуев, В.А.Денисов, В.И. Сыроватка, В.И. Пахомов, М.А.Тищенко, Нью Sadri, F.A.Ferreira, S. Kwofie, D.Dziki, F.Lyu, M.M.Ibrahim, X.M. Zhao, W.Wanjun, И.А.Хозяев, А.А.Перов, С.В.Золотарев, Н.М.Смирнов, В.А.Елисеев, Н.С.Сергеев, Л.А.Глебов, Ф.Г.Плохов, П.И.Леонтьев и другие.

В Республике в этом направлении вели научные-исследования А.С.Сирождидинов, Д.Алижанов, К.Д.Астанакулов, Ф.У.Қаршиев, Н.М.Курбанов и другие.

Машины и устройства, созданные на основе этих исследований, применяются в живодноводстве с определенными положительными результатами. Но, в этих исследованиях не определены параметры пазов ротора и статора, не изучены движение и измельчение зерна в рабочей камере и характеристики, зависящие от рабочих режимов.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства А-13-320 - «Разработка и обоснование конструктивно-технологической схемы машины для ступенчатой обработки зерновых материалов» (2007-2009) и ҚХИ-11-011 по теме «Изготовление, испытание и внедрение в производство машин роторного измельчителя зерна, машины для по ступенчатой обработки зерновых материалов и измельчителя стебельчатых кормов предназначенных для фермерских хозяйств» (2009-2010).

Целью исследований является теоретическое и экспериментальное обоснование технологического процесса, параметров и рабочих режимов роторного измельчителя зерна.

Задачи исследований:

анализ выполненных научно-исследовательских работ по разработке конструкции и обоснованию параметров рабочих органов измельчителей зерен;
обоснование процесса измельчения зерна в рабочей камере и параметров измельчителя зерна;

экспериментальное исследование частоты вращения ротора, производительности, рабочего зазора, затраты энергии и модуля помола;

определение адекватности результатов теоретических и экспериментальных исследований устройства для измельчения зерна;

хозяйственные испытания и определение экономической эффективности рекомендуемого измельчителя зерна.

Объектом исследований является измельчаемое зерно и устройство для измельчения зерна, а также ее рабочие органы.

Предметом исследований являются закономерности, характеризующие процесс измельчения зерна, режимы работы измельчителя и параметры рабочих органов.

Методы исследований. В исследованиях использованы законы и правила теоретической механики, земледельческой механики, математической статистики, а также методы, приведенные в действующих нормативных документах (ГОСТ 20915-2011, O'z DSt 1073-2016).

Научная новизна исследований заключается в следующем:

разработана роторная установка для измельчения зерна, дающая возможность измельчения зерна между пазами ротора и статора;

определены размеры пазов ротора и статора при входе в рабочую камеру измельчителя с учетом диаметра и деформации измельчения зерна;

обоснована частота вращения ротора измельчителя из условия обеспечения движения частицы зерна в радиальном направлении;

определены сжатия и показатели измельчения зерна между ротором и статором в зависимости от геометрических параметров и скоростных режимов рабочих органов измельчителя;

обоснованы оптимальные параметры измельчителя зерна с учетом низкой затраты энергии и высокой производительности устройства.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

разработан роторный измельчитель зерна обеспечивающий плотность размеров частиц в 1,5-2,0 раза выше чем у молотковых дробилках при одинаковых средних значениях помола измельченных зерен;

обеспечен выход пылевой фракции, не превышающий 3 % при измельчении зерна.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов исследований подтверждается тем, что исследования проведены с применением современных методов и измерительных приборов, взаимной адекватностью теоретических и экспериментальных исследований, критерием выбора разработанного роторного измельчителя зерна на основе проведенных исследований и положительными результатами испытаний в хозяйственных условиях роторного измельчителя зерна оснащенной ротором и статором с оптимальными параметрами и внедрением в практику.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость результатов исследований заключается, в разработке роторного измельчителя зерна состоящей из ротора и статора, аналитических зависимостей, показывающих влияние параметров рабочей части на измельчаемый материал, разработка эмпирических формул, обогащающих существующие знания по измельчителям зерна, служащие научной основой эффективной эксплуатации роторных измельчителей зерна.

Практическая значимость результатов исследований заключается в возможности получения измельченных зерновых продуктов, соответствующих модулю помола, отвечающих зоотехническим требованиям в зависимости от вида животных и птиц при применении разработанного с низкой удельной энергоемкостью и возможностью работы в одно и трех фазных электрических

сетях роторного измельчителя зерна для фермерских, частных и дехканских животноводческих хозяйств государства.

Внедрение результатов исследований. На основе результатов исследований по обоснованию параметров роторного измельчителя зерна:

получен патент на полезную модель агенства по Интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на роторный измельчитель зерна («Устройство для лущения и шелушения зерновых материалов», FAP № 01131-2014г.). В результате получена возможность создания конструкции роторного измельчителя зерна состоящий для измельчения имеющих пазов ротора и статора;

роторный измельчитель зерна прошёл широкое испытания и внедрен в фермерских хозяйствах Уртачирчикского района Ташкентского области (справка Минстерства сельского хозяйства Республики Узбекистан 02/023-1918 от 26 июня 2020 года), на основе применения нового измельчителя зерна снижены трудовые затраты на 1,33 и энергоёмкость процесса в 1,81 раза;

для освоения производства роторного измельчителя зерна разработана проектно-конструкторская документация (исходные требования технические задание, технические условия и чертежи) внедрена в производственный процесс АО «Агрегатный завод». В результате появилась возможность производства энерго- и ресурсосберегающего роторного измельчителя зерна (справка Минстерства сельского хозяйства Республики Узбекистан 02/023-1918 от 26 июня 2020 года).

Апробация результатов исследований. Результаты исследований апробированы на двух республиканских и двух международных научно-производственных конференциях. Роторный измельчитель зерна представлен и награжден на «IX республиканской ярмарке инновационных идей, технологий и проектов».

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, из них 7 в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных результатов диссертаций доктора философии (PhD), в том числе 5 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, получен 1 патент на полезную модель агенства по Интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 124 страниц.

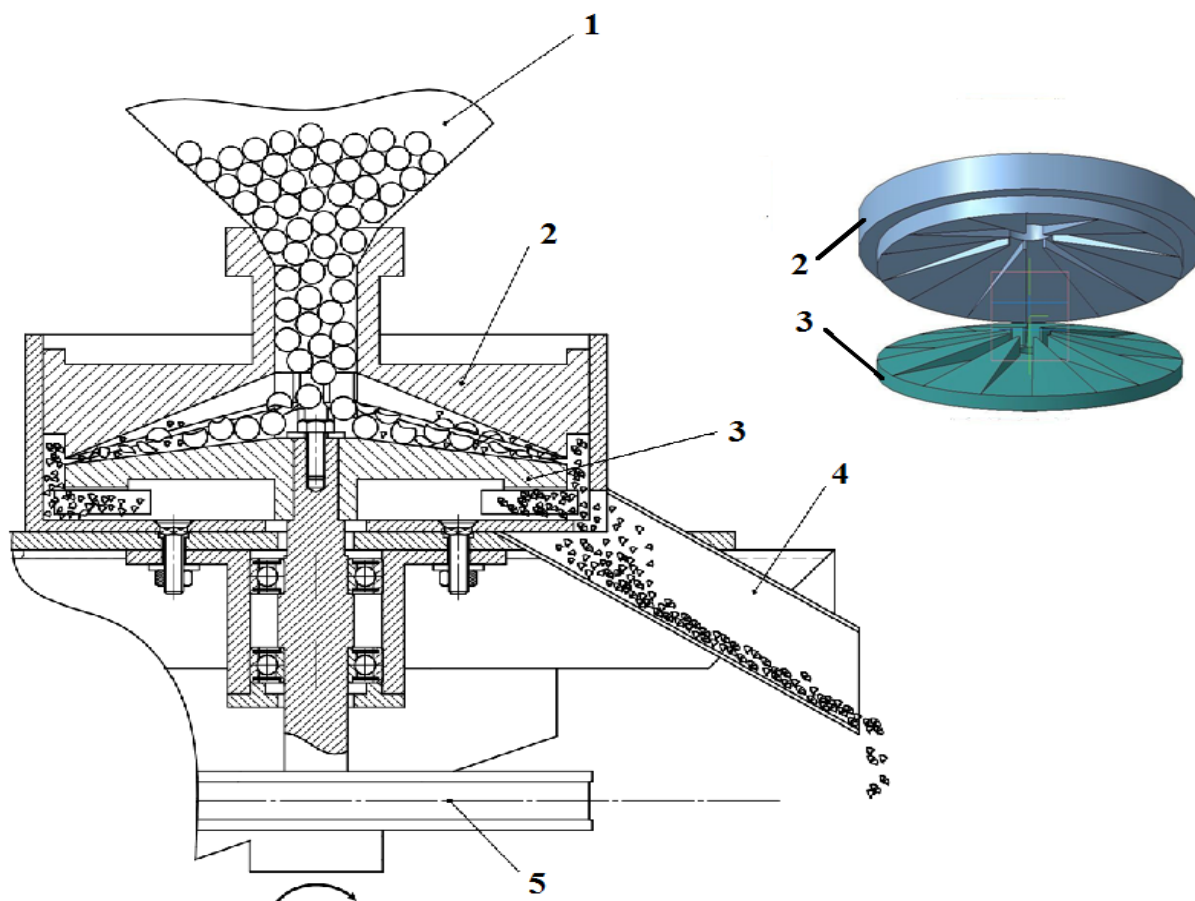
ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность проведенных исследований, сформулированы цель и задачи, характеризуются объект и предмет исследований, показано соответствие диссертационной работы приоритетным направлениям развития науки и

технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследований, обоснована достоверность полученных результатов, раскрываются их научная и практическая значимость, приводятся сведения по внедрению в практику результатов исследований, апробации результатов исследований, опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Конструкции устройств для измельчения зерновых материалов и перспектива развития**» приведен обзор и анализ конструкций по измельчению оборудования зерновых материалов, а также обзор и анализ существующих малогабаритных устройств, изучена технологическая и энергетическая оценка процесса измельчения, обоснована технологическая схема роторного измельчителя зерна и основные задачи диссертационной работы.

Разработана конструктивно-технологическая схема усовершенствованного центробежного роторного измельчителя зерна (рис.1).



1-бункер; 2- статор; 3-ротор; 4-выгрузной лоток; 5-шкив

Рис.1 технологическая схема роторного измельчителя зерна

Измельчитель зерна состоит из бункера для приема зерна 1, неподвижного рабочего органа статора 2, подвижного ротора 3, выгрузного лотка 4 и шкива 5 которая передаёт передачи с помощью ремня к валу рабочего органа.

Движение зерна измельчителя начинается от бункера 1, проходит через загрузочную горловину и под действием центробежной силы попадает в пазы статора 2 и ротора 3 и между ними измельчается. Измельченный продукт после

выхода из рабочей камеры с помощью выгрузных лопаток передается к выгрузному лотку и выгружается наружу.

Во второй главе диссертации, названной «**Теоретические исследования основных параметров рабочего процесса роторного измельчителя зерна**» приведены технологический процесс роторного измельчителя зерна и выбор геометрических параметров, обеспечивающих измельчение зерна в рабочей камере, результаты теоретических исследований по моделированию движения зерна в рабочей камере.

Число пазов ротора Z_p необходимо выбирать возможно большим для получения максимально возможной пропускной способности рабочей камеры.

Однако Z_p лимитируется внутренним диаметром приёмной камеры d_0 , который, в свою очередь, определяется экспериментально из условия свободного движения без зависания под действием сил гравитации.

Из рис.2 получено выражение для определения количества пазов ротора определяется:

$$Z_p = \frac{2\pi}{\gamma_2 + \gamma_3}, \quad (1)$$

где $\gamma_2 = 2 \arcsin \frac{b}{d_0}$; $\gamma_3 = 2 \arcsin \frac{t_n}{d_0}$; d_0 - диаметр приемной камеры;

b - ширина паза ротора; t_n - ширина перегородки.

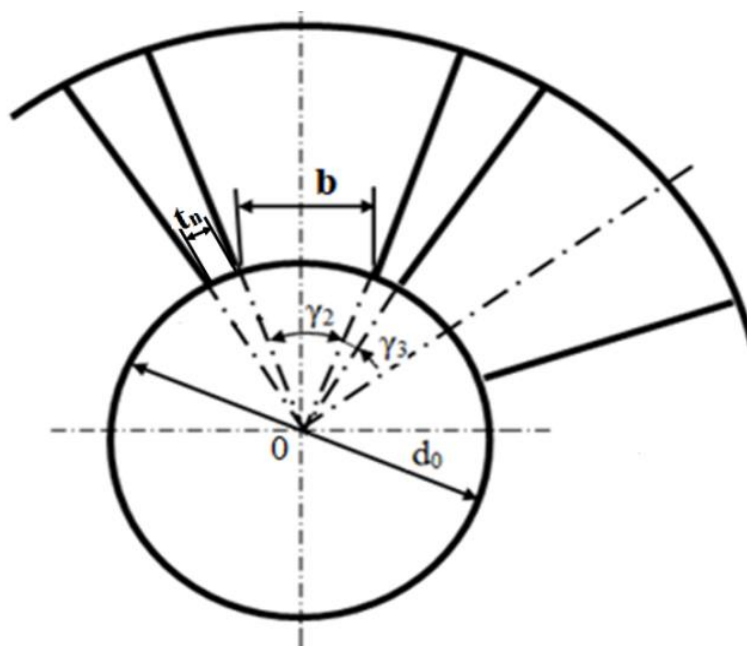


Рис.2. Схема к определению числа пазов ротора и статора

Так как Z_p должно быть целым числом, а результат формулы (1) может иметь не целое значение, то необходимо скорректировать величины “ b ” или t_n в пределах возможного их варьирования до значений приводящих к целому значению Z_p .

В расчётах принят $d_0=30$ мм, $b=10$ мм и $t_n=2$ мм и получено нижеследующее:

$$\arcsin \frac{10}{30} = 19^\circ, \quad \arcsin \frac{2}{30} = 4^\circ,$$

откуда
$$Z_p = \frac{2\pi}{2(19^\circ + 4^\circ)} = \frac{180^\circ}{23^\circ} = 7,72.$$

Округлив результат приняли $Z_p=8$ и превышение его над расчетным значением можно скорректировать за счет t_n , так как величину “ b ” уменьшить нельзя.

Расчёт значения t_n

$$t_n = d_0 \sin\left(\frac{\pi}{Z} - 19^\circ\right) = 30 \sin\left(\frac{180}{8} - 19^\circ\right) = 1,58 \text{ мм.}$$

Число пазов статора Z_c следует выбирать из условия $Z_c \leq Z_p$.

Для использования схемы, приведенной на рис.3 с целью обеспечения первого этапа измельчения зерна в рабочей камере, то есть для обеспечения начала рабочего процесса приведены нижеследующие условия

$$\alpha_c \geq 2 \arctg \frac{r_3 \sin \alpha_p}{r_3(1 + \cos \alpha_p) - \Delta}; \quad (2)$$

и

$$r = r_k - \frac{1}{h_0} \left\{ r_3(r_k - r_0) + [r_3 - (\Delta + \delta)] \sqrt{h_0^2 + (r_k - r_0)^2} \right\}, \quad (3)$$

где α_c - угол наклона днища паза статора; r_3 - радиус зерна; α_p - угол наклона паза ротора; r - расстояние от центра вращения ротора до центра зерна; r_k - наружный радиус; h_0 - высота паза; Δ - деформация измельчения; δ - зазор между ротором и статором.

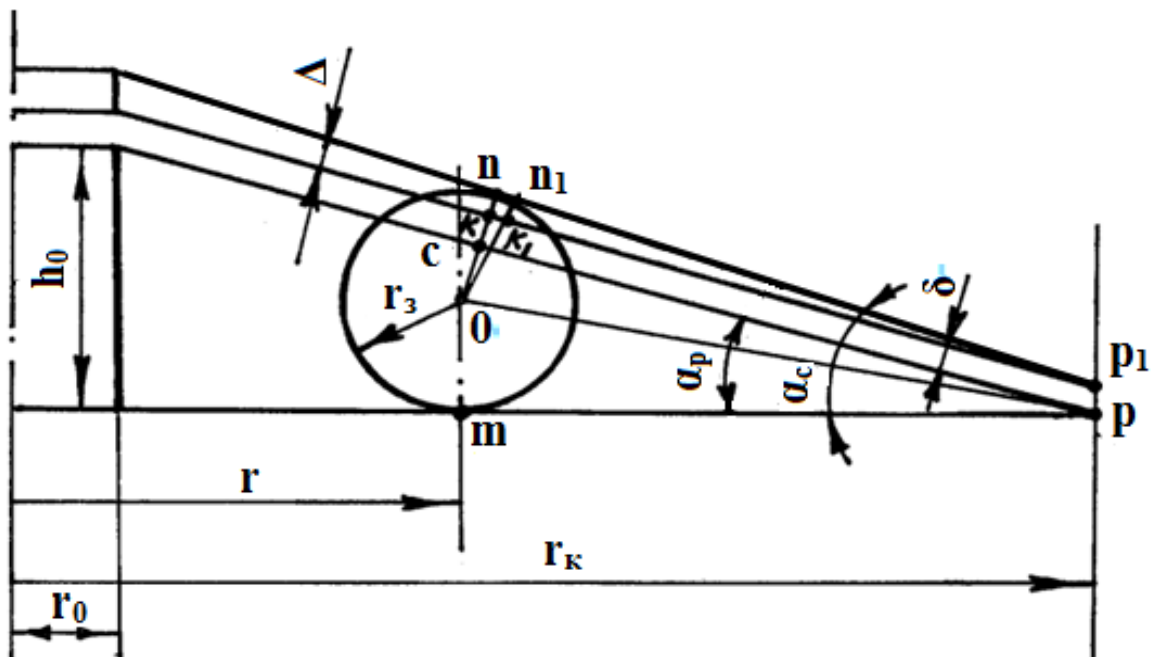


Рис.3 Схема к исследованию измельчения зерна в рабочей камере измельчителя

При движении частицы по пазу ротора на нее действуют следующие силы: центробежная сила F_u , сила Кориолиса F_k , сила тяжести G , сила трения F_m . В результате действия этих сил дифференциальное уравнение радиального движения частицы зерна примет нижеследующий вид:

$$\ddot{r} + 2f\omega\dot{r}\cos\beta - \omega^2 r(1 \pm f\sin\beta\cos\beta) + g\cos^2\beta = 0, \quad (4)$$

где f - коэффициент трения частицы зерна по пазу ротора; r - радиальное перемещение частица зерна; ω - угловая скорость ротора; g - ускорения свободного падения.

В выражении (4) частица зерна при движении вниз в скобках имеет знак (+), а при движении вверх знак (-).

Решив выражения (4) получим следующие результаты

$$r = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \left(r_0 - \frac{C}{B} \right) (\lambda_1 e^{\lambda_2 t} - \lambda_2 e^{\lambda_1 t}) + \frac{C}{B}, \quad (5)$$

и

$$r = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} \left(r_0 - \frac{C}{B} \right) (e^{\lambda_2 t} - e^{\lambda_1 t}) \quad (6)$$

где $B = \omega^2(1 \pm 0,5f\sin 2\beta)$; $C = fg\cos^2\beta$; $\lambda_1 = -\frac{A}{2} + \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + B}$;
 $\lambda_2 = -\frac{A}{2} - \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + B}$; $A = 2f\omega\cos^2\beta$; t -время.

Анализ выражений (5) и (6) показывает, что движение частицы зерна в радиальном направлении обеспечивается только при выполнении нижеследующего условия:

$$r_0 - \frac{C}{B} > 0 \text{ ёки } r_0 - \frac{fg\cos^2\beta}{\omega(1 \pm 0,5f\sin 2\beta)} > 0. \quad (7)$$

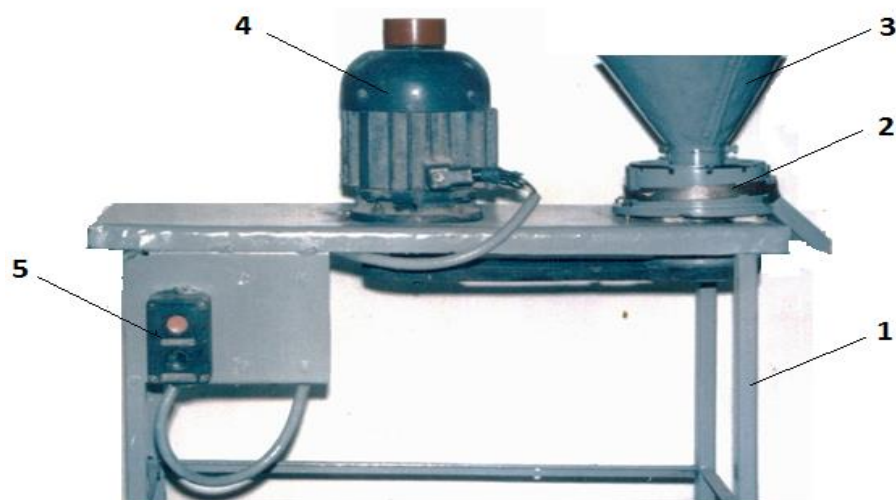
Отсюда выходит что должен быть

$$\omega > \sqrt{\frac{fg}{r_0(1 \pm 0,5f\sin 2\beta)}} \cos\beta \quad (8)$$

В третьей главе диссертации, названной «**Экспериментальное исследование роторного измельчителя зерна**» приведены исследования по определению оптимальных значений параметров роторного измельчителя зерна.

В экспериментальном исследовании приведены цель, задачи и методика экспериментальных исследований, результаты первичных экспериментов, изучены производительность рабочей камеры и энергоёмкость роторного измельчителя зерна, качественные показатели помола зернового материала.

Для определения числа оборотов ротора, производительности, затрат энергии, модуля помола роторного измельчителя зерна разработана лабораторная установка, она состоит из рамы, рабочего органа измельчителя, бункера, электродвигателя и пульта управления (рис.4).



1-рама; 2-рабочий орган измельчителя; 3-бункер; 4- электродвигатель; 5- пульт управления.

Рис.4 Лабораторная установка для проведения экспериментальных исследований

Конструкция бункера с питающей частью предусматривает как гравитационную, так и загрузку рабочей камеры регулирующей заслонкой. Рабочий орган для измельчения зерновых материалов в заданной величине по зоотехническим требованиям его рабочие поверхности ротора и статора состоят из пазов. Снизу ротора установлен диск с лопатками для подачи помола в выгрузной лоток, установленный на корпусе измельчителя. Число передач клиноременной передачи при малых числах оборотов обеспечивает необходимый крутящий момент валу ротора.

При определении оптимальных параметров и рабочих режимов использованы параметры ротора и статора по теоретическим исследованиям: диаметр ротора и статора, количество пазов в них, высота паза при входе, диаметр патрубка бункера при выходе, объём бункера постоянный, в качестве меняющихся факторов принята величина зазоров в рабочей камере и частота вращения ротора. На основе принятой методики эксперименты были однофакторными, для одного вида зерен (пшеница) общее число основных экспериментов при четырёх скоростных режимах устройства, при шести значениях зазора рабочей камеры составляло 24 и соответственно при 5 кратной повторности составляло 120 раз.

Исследование производительности рабочей камеры и энергоёмкости измельчителя.

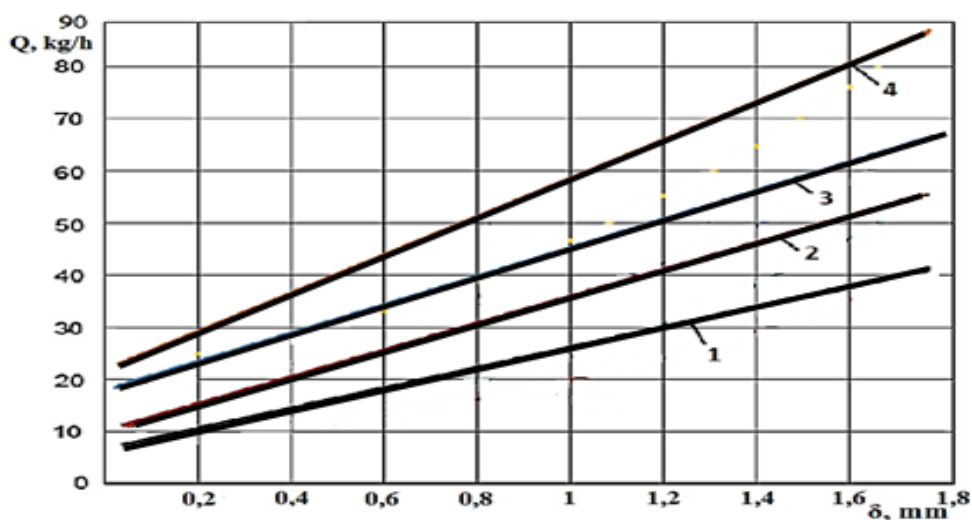
Из полученных результатов видно, что с увеличением зазора δ производительность увеличивается, затраты мощности (общие и на измельчение) монотонно увеличиваются. Исключение представляют случаи работы на малых зазорах при $\delta=0,25$ mm. При этом на всех режимах получена минимальная производительность при значительном росте удельной работы измельчения.

Характер распределения экспериментальных рядов Q и A даёт возможность применения моделей $Q_m=f(\delta)$ и $A=\varphi(\delta)$ в виде уравнений:

$$Q_m=a_0+a_1 \cdot \delta+a_2 \cdot \delta^2; \tag{9}$$

$$A_m=b_0+b_1 \cdot \delta+b_2 \cdot \delta^2. \tag{10}$$

Коэффициенты модели $Q_m=f(\delta)$ методом наименьших квадратов на ПВМ в программе MatLAB определены в режиме прямых вычислений.



1-750 r/min; 2-1000 r/min; 3-1500 r/min; 4-2000 r/min;

Рис.5 Зависимость производительности Q рабочей камеры от зазора δ между ротором и статором (для пшеницы)

На рис.5 показан характер зависимости $Q_m=f(\delta)$ с нанесением точек экспериментальных значений Q для различных скоростных режимов. Отклонение кривых от точек на соответствующих сечениях, а также численное значение векторов ошибок (не более 5 % на сечениях для максимальных величин ошибок) показывают хорошую сходимость теоретических моделей с экспериментом.

Скорости роста производительности имеет линейный характер:

- при $n=750$ r/min $Q_{1m} = -0,1030 + 18,04 \cdot \delta$;
- при $n=1000$ r/min $Q_{2m} = -8,6644 + 31,75 \cdot \delta$;
- при $n=1500$ r/min $Q_{3m} = -0,5185 + 25,88 \cdot \delta$;
- при $n=2000$ r/min $Q_{4m} = -0,8335 + 33,96 \cdot \delta$.

Из этих уравнений видно, что наиболее быстрое изменение производительности произошло при $n=2000$ r/min, что объясняется значительным ростом центробежных сил, способствующих более быстрому движению частиц в пазах ротора.

Аналогично были найдены коэффициенты для модели удельной работы (рис.6). Однако, полученные ошибки ($A-A_m$) на всех режимах оказались большими, в ряде случаев достигали 10-15% (на сечениях A).

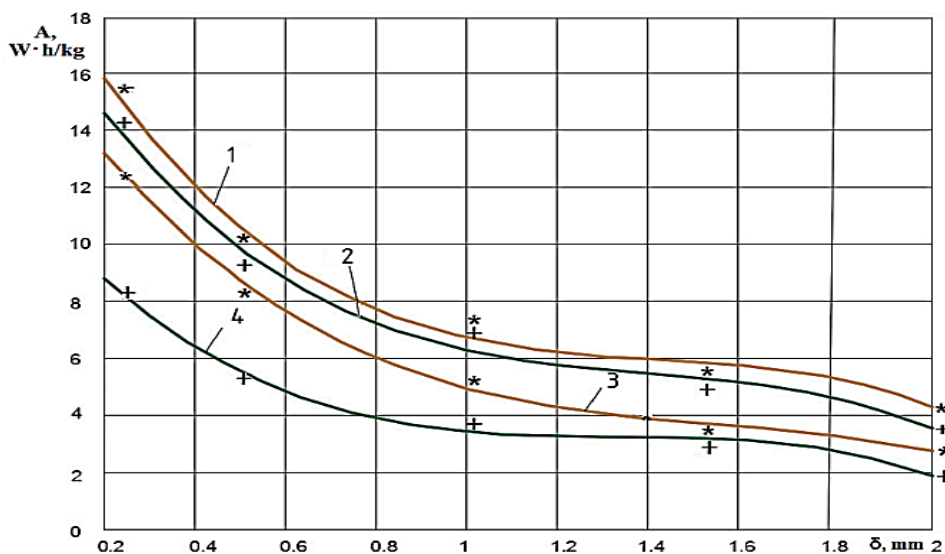
Для увеличения гибкости модели, т.е. снижения численных значений элементов вектора ошибок на каждом режиме, увеличили степень уравнения:

$$A_m = v_0 + v_1 \cdot \delta + v_2 \cdot \delta^2 + v_3 \cdot \delta^3. \quad (11)$$

В результате получены следующие системы уравнений в порядке увеличения частоты вращения:

- $A_{1m} = 21,43 - 21,23 \cdot \delta + 21,58 \cdot \delta^2 - 5,15 \cdot \delta^3$ – при $\max \{A_1 - A_{1m}\} = 0,46$ (8,2%);
- $A_{2m} = 17,72 - 28,45 \cdot \delta + 19,69 \delta^2 - 4,78 \cdot \delta^3$ – при $\max \{A_1 - A_{2m}\} = 0,52$ (5,6%);
- $A_{3m} = 17,7528 - 24,9969 \delta + 15,4096 \delta^2 - 3,359 \delta^3$ – при $\max \{A_3 - A_{3m}\} = 0,69$ (8,3%);
- $A_{4m} = 12,51 - 23,05 \cdot \delta + 15,96 \cdot \delta^2 - 4,07 \cdot \delta^3$ – при $\max \{A_4 - A_{4m}\} = 0,16$ (3%).

На рис.6 приведен характер зависимости $A_m=f(\delta)$ с нанесением экспериментальных значений A в виде точек, наглядно представляющих теоретических и экспериментальных значений.



1-750 r/min; 2-1000 r/min; 3-1500 r/min; 4-2000 r/min

Рис.6 Зависимость удельной работы A на измельчение зерна пшеницы от величины зазора рабочей камеры δ при различных скоростных режимах

Для наглядного представления о характере поверхности $Q_m(\delta, n)$ получено трехмерное её изображение рис.7 и соответствующий вид 10 сечений (через 9kg/h) показывающий характер зависимости δ и n , рис.8.

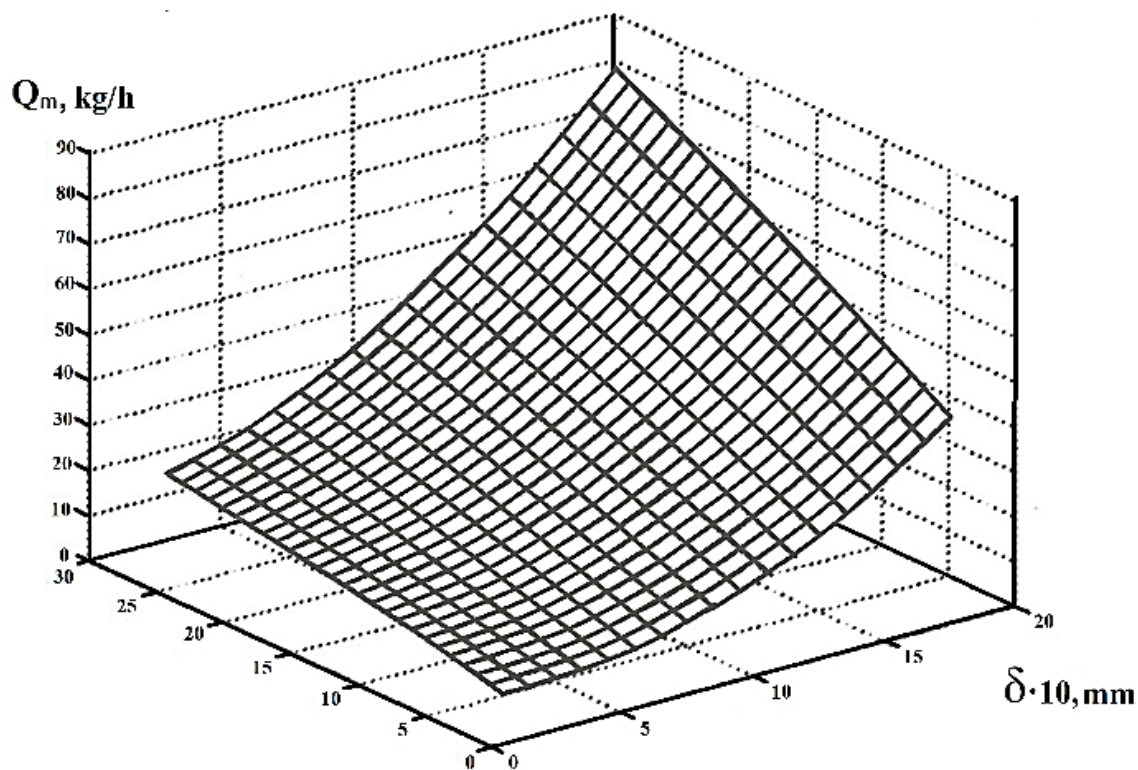


Рис.7 Общий вид поверхности $Q_m(\delta, n)$ в трехмерном пространстве (помол пшеницы)

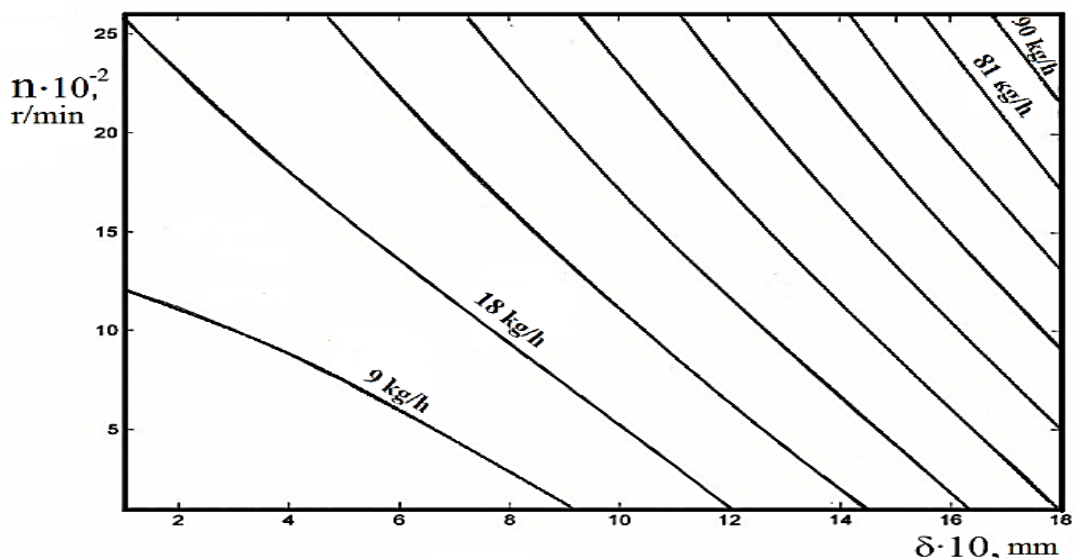


Рис.8 Вид 10 сечений поверхности $Q_m(\delta, n)$ с равным интервалом 9 kg/h

Видно, что поверхность монотонно возрастает, причем в начале у плоскости δ и n она имеет вогнутый характер, а ближе к вершине становится выпуклой. Это изменение кривизны поверхности ясно видно и на сечениях поверхности. Графические построения рис.7 и рис.8 получены в режиме прямых вычислений с использованием соответствующих файлов в программе «Mat LAB».

Методом последовательного приближения найден вид уравнения модели $A_m = \varphi(\delta, n_1, Q)$. После оценки коэффициентов модели методом наименьших квадратов получили уравнение:

$$A_m = 24,0529 - 27,9075 \cdot \delta + 11,2004 \cdot \delta^2 - 1,0103 \cdot n_1 - 75 \cdot n_1^2 + 0,6025 \cdot Q + 0,0032Q^2 + 0,6824 \cdot \delta \cdot n_1^2 - 0,473 \cdot \delta \cdot Q - 0,0061 \cdot n_1 \cdot Q. \quad (12)$$

Максимальная ошибка здесь $A - A_m = 0.6832$, что по отношению к $A = 6.7$ составляет 10,1%. В уравнении (12) $n_1 = n \cdot 10^{-2}$. Дальнейшее повышение степени уравнения дает незначительное уменьшение ошибок, т.е. улучшение показателей модели. Видно, что наибольшее влияние на удельную работу измельчения оказывает зазор δ линейная часть элементов с n и Q . Гибкость модели придает парное влияние $\delta \cdot n$ и $\delta \cdot Q$.

Точно такие же результаты получены по данным материалов помола кукурузы.

Исследование качественных показателей помола зернового материала. На производстве качество помола определена на основе просеивания полученного продукта через стандартный набор ситовых решёток. Так как уже пробные помолы показали высокую плотность распределения молотых частиц. То стандартный набор сит пришлось увеличить. Это позволило увеличить число интервалов случайной величины x_i (размер частиц после разрушения зерна) и получить более подробные дискретные экспериментально распределенные, а также теоретические модели.

В соответствии с вышеописанной методикой, рассмотрён порядок обработки опытных данных на примере помола пшеницы при частоте вращения

ротора 750 г/мин и зазоре в рабочей камере $\delta=1,5$ мм. В табл.1 приведены результаты помола по средним 5 повторности.

Табл.1

Распределение размеров частиц помола при $n=750$ г/мин и $\delta =1,5$ мм

Размеры частиц x_i , мм	1,1-1,35	1,35-1,75	1,75-2,25	2,25-2,75	2,75-3,0
Частоты, P_i	0,04	0,06	0,1	0,3	0,5
Сумма накопленных частот $F = \sum P_i$	0,04	0,1	0,2	0,5	1,0

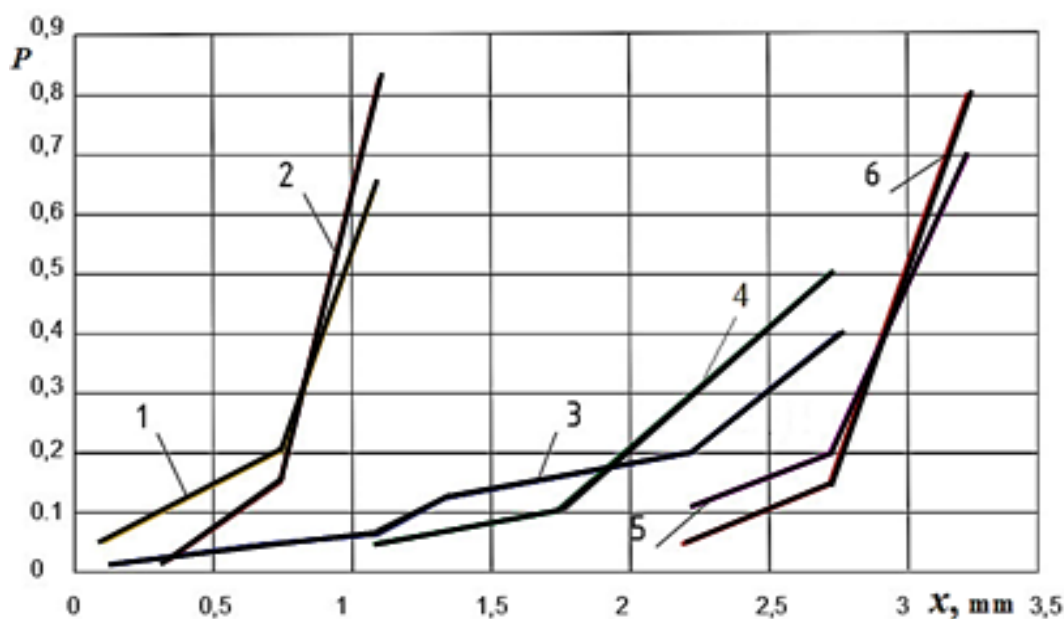
Приведенные в табл.1 числовые данные дискретного (экспериментального) распределения позволяют определить среднюю величину частиц помола

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^5 x_i \cdot P_i = 2,35 \text{ мм},$$

а также дисперсию

$$D = \sum_{i=1}^5 (x_i - \bar{x})^2 \cdot P_i = 0,2415.$$

Для аналитического описания процессов по экспериментальным данным применяются различные виды известных функций распределения случайной величины (нормальное распределение, гамма-распределение, экспоненциальное распределение и т.п.). Для определения наиболее подходящего типа теоретического распределение для рассматриваемой задачи рассмотрена функция $P = f(x)$ представленную на рис.9 в виде графиков, построенных для различных значений δ при $n=750$ г/мин.



1- $\delta =0,25$ мм; 2- $\delta =0,5$ мм; 3- $\delta =1$ мм; 4- $\delta =1,5$ мм; 5- $\delta =1,75$ мм; 6- $\delta =2,25$ мм;

Рис.9 Экспериментальные частоты распределение размеров частиц помол пшеницы при $n=750$ г/мин и разных зазорах δ

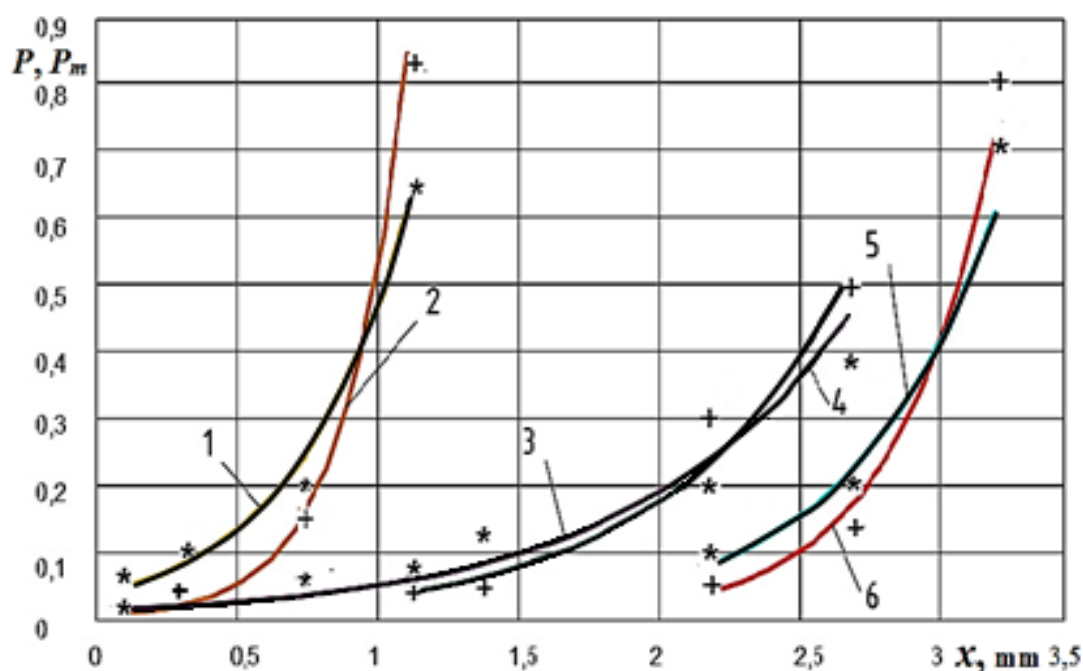
Из рис.9 видно, что все зависимости нелинейные и с увеличением δ неуклонно возрастают. В связи с этим, можно предположить, что наиболее правильным будет выбор экспоненциального распределения вида

$$P_m = A \cdot e^{bx} \text{ ёки } P_m = A \cdot x^a \cdot e^{bx}, \quad (13)$$

где индекс m -означает принадлежность модели, а $A, a, b,$ – коэффициенты, определяемые на базе экспериментальных данных.

Для рассматриваемого примера принято $P_m = A \cdot e^{bx}$. Для приведения к линейному виду проведены преобразование: примем $z = \ln(P)$; $a_0 = \ln A$, $a_1 = b$. Коэффициенты этого уравнения получены на ПВМ в программе «Mat LAB».

На рис.10 представлены зависимости в виде непрерывных кривых $P_m(x)$ и точек дискретного ряда $P(x)$.



1- $\delta = 0,25$ mm; 2- $\delta = 0,5$ mm; 3- $\delta = 1$ mm; 4- $\delta = 1,5$ mm; 5- $\delta = 1,75$ mm; 6- $\delta = 2,25$ mm;

Рис.10 Теоретические (сплошные линии) и экспериментальные частоты (точки) распределения размеров помола кукурузы при $n=750$ г/мин и различных зазорах в рабочей камере δ

Характер кривых на рис.10 показывает высокую плотность распределений для случаев 1, 2, 5, 6 что соответствует малым $\delta=0,25-0,5$ mm и большим $\delta=1,75-2,25$ mm зазорам рабочей камеры. Кривые 1, 2 все частицы (с вероятностью $P=1$) располагающейся в интервале 0,98 mm при соответствующих дисперсиях $D_1=0,082-0,09$ и $D_2=0,0408-0,0339$. Для кривых 5, 6 частицы помола располагаются на длине 1 mm при соответствующих дисперсиях $D_3=0,1337-0,11$; $D_6=0,0688-0,0719$. Это говорит о высокой по массе однородности помола.

Так при $\delta=0,25$ в диапазон $\bar{x} = 0,9 \pm 0,2$ попадает около 70% всей массы помола. Количество пылевидной фракции ($x < 0,1$) не более 3%. Наличие пылевидной фракции возможно лишь при $\delta=0,25; 0,5; 1$ mm. При помоле с большими зазорами пылевой фракции нет. При помоле с при $\delta=1, 1,5$ mm

наблюдается большой разброс размеров частиц. В частности при $\delta=1$ mm возможно наличие небольшого количества мучной фракции (не более 2%) и дисперсия $D_3=0,5209-0,5067$ является самой большой в рассматриваемом примере, а количество измельченных частиц в диапазоне $\bar{x} = 2,05 \pm 0,7$ составляет около 70% всей массы помола. Различия между \bar{x} и δ объясняются особенностями процесса разрушения и движения частиц в момент выхода из рабочей камеры. При $\delta=1,75-2,25$ mm средние размеры частиц мало различаются, хотя плотность распределения при $\delta=2,25$ mm значительно выше. Это объясняется увеличением выхода недробленных зерен, толщина которых равна или меньше δ .

Анализ аналогичных результатов для пшеницы при $n=1000, 1500, 2250$ г/мин показывает, что существенных различий в качестве помола при одинаковом зазоре δ не наблюдается. В подтверждение этого проведен расчет на ПВМ параметров дискретного распределения и теоретических моделей для $n=1000$ г/мин при $\delta=1,5$ mm.

Здесь модель $P_m=0,0038 \cdot e^{1,5879 \cdot x}$ имеет хорошее приближение к дискретному (опытному) распределению с максимальной ошибкой 0,0751. Модель суммы накопленных частот более сложная:

$$F_m = 0,0096 \cdot x^{5,4877} \cdot e^{-0,1863x^2}.$$

При этом максимальная ошибка равна 0,1356. Соответственно модель плотности распределения

$$\varphi_m = 0,0527 \cdot x^{4,4877} \cdot e^{-0,1863x^2} - 0,0036 \cdot x^{5,4877} \cdot e^{-1,863x^2}$$

Соответствующие вычисления дают $x_m = 2,7438$ и $D_m = 0,3180$.

Точно такие же результаты получены по данным материалов помола кукурузы.

В четвертой главе диссертации, названной «**Результаты испытания в хозяйственных условиях роторного измельчителя зерна и экономические показатели**» приведены краткая техническая характеристика опытного образца роторного измельчителя зерна, результаты хозяйственных испытаний и ее экономическая эффективность.

По результатам хозяйственных испытаний роторного измельчителя зерна плотность распределения размерности помола в сравнении с молотковыми показывает намного выше (1,5-2 раза), количество пылевидной фракции не превышает 3% и отвечает полностью к зоотехническим требованиям. Энергетические показатели машины, сравнительная энергоемкость меньше 0,005 kW h/kg, это отвечает требованиям мирового стандарта.

При работе измельчитель зерна работал надежно, неполадки и поломки не наблюдались.

По показателям проведенных технико-экономических расчетов, измельченного зернового продукта с применением предлагаемого роторного измельчителя зерна затраты труда составляли по базовой машине 13,3 чел.-час/т, а по новой машине 10 чел.-час/т, экономия затраты труда составляет 1,33 раза.

Затраты электроэнергии составляет по базовой машине 10,4 тыс. сум/т, по новой машине 5,2 тыс. сум/т, в результате применение нового роторного измельчителя зерна энергоёмкость процесса снизилась на 1,81 раза.

Годовой экономический эффект от применения роторного измельчителя зерна составляет 6219746 сумов.

Выводы

На основе результатов исследований диссертации доктора философии (PhD) по теме «Обоснование параметров роторного измельчителя зерна» представляются следующие выводы:

1. Результаты обзора существующих рабочих органов и исследования мало габаритных измельчителей зерна позволили создать конструкцию роторного измельчителя зерна с низкой удельной энергозатратой и измельченный помол зерна отвечающим зоотехническим требованиям.

2. Полученные модели в виде аналитических зависимостей динамики процессов входа зерна между пазами ротора и статора, и их движение и измельчение дали возможность определить основные параметры и режимы роторного измельчителя зерна.

3. Экспериментальные исследования в лабораторных условиях подтвердили адекватность технологического процесса измельчения между ротором и статором результатов теоретических исследований с точностью 5-15 %.

4. Для роторного измельчителя зерна при радиусе диска ротора и статора 100 мм, числе пазов ротора 8 шт, числе пазов статора 7 шт, высоте пазов ротора и статора при входе 10 мм, ширине пазов ротора и статора при входе 10 мм, ширине пазов ротора и статора при выходе 50 мм, угле наклона пазов ротора 7 градус, угле наклона пазов статора 13 градус, частота вращения ротора 1500 г/мин добились качественного измельчения зерна при минимальной затрате энергии.

5. Испытания в хозяйственных условиях измельчителя зерна, изготовленного на основе оптимальных параметров и рабочих режимов показали плотность распределения размеров измельченного помола зерна относительно молотковых дробилок намного выше (1,5-2 раза), количество пылеобразных фракции не превышало 3 % и полностью отвечают зоотехническим требованиям.

6. При применении нового роторного измельчителя зерна снижаются трудовые затраты на 1,33 и энергоёмкость процесса в 1,81 раза и годовой экономический эффект составляет 6219746 сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL TO AWARDING OF THE SCIENTIFIC
DEGREES DSc.03/30.12.2019.T.10.01 AT THE TASHKENT INSTITUTE
OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS**

**TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS**

ABDUROKHMUNOV SHAVKATJON XASANOVICH

**JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE ROTARY GRAIN
SHREDDER.**

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

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTORAL
OF PHILOSOPHY (PhD) ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2020

The theme of the doctoral of philosophy (PhD) dissertation is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under № B2018.4.PhD/T941

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific council (www.tiame.uz) and at the Information and educational portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:

Alijanov Djabpar

doctor of technical sciences, docent

Official opponents:

Tuxtakuziyev Abdusalim

doctor of technical sciences, professor

Karshiyev Faxridin Umarovich

doctor of technical sciences, docent

Leading organization:

Association «BMKB-Agromash»

The defense of the dissertation will be held at ^{13⁰⁰} on «15» *december* 2020 year at the scientific council meeting No.DSc.03/30.12.2019.T.10.01 at the Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers (at the address: 39, Kari Niyazi street, Tashkent city, 100000. Tel: (+99871) 237-09-45; Fax: (+99871) 237-46-68, e-mail, admin@tiame.uz).

The dissertation is available at the Information-resource center of the Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers (registration number **143**). Address: 39, Kari Niyazi street, Tashkent city, 100000. Tel: (+99871) 237-09-45 Fax: (+99871) 237-46-68, e-mail, admin@tiame.uz.

The abstract from the thesis is distributed «4» *december* 2020.
(Mailing protocol № **2** on «4» *december* 2020).



B.S. Mirzaev

Chairman of the scientific council for awarding of scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

K. Astanakulov

Scientific secretary of scientific council awarding scientific degrees, i.m., doctor of technical sciences, s.r.

A.A. Akhmetov

Chairman of academic seminar under the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work it consists of theoretical and experimental substantiation of the technological process, parameters and operating modes of the rotary grain shredder.

Objects of the research is this is the technological process of interaction of the processed grain with the grinding fins of the working body of the rotary grain shredder.

The novelty of the research is as follows:

a rotary grain crushing plant has been developed, which makes it possible to grind grain between the slots of the rotor and stator;

the dimensions of the rotor and stator slots at the entrance are determined taking into account the diameter and deformation of grain grinding;

the frequency of rotation of the chopper rotor based on the condition of ensuring the movement of the grain particle in the radial direction is justified;

the compression and grain grinding parameters between the rotor and stator are determined depending on the geometric parameters and speed modes of the working bodies of the shredder;

the optimal parameters of the grain shredder are justified, taking into account the low energy consumption and high productivity of the device.

Implementation of the research result. Based on the results of research on the development and justification of the parameters of a rotary grain shredder:

a patent was obtained for a utility model of the Agency for Intellectual property of the Republic of Uzbekistan for a rotary grain shredder ("Device for peeling and peeling grain materials", FAP No. 01131-2014). as a result, it is possible to create a design of a rotary grain shredder consisting of grooves for grinding the rotor and stator;

rotary grain refiner has been widely tested and implemented in farms in Urtachirchik district of Tashkent region (certificate of the Ministry of agriculture of the Republic of Uzbekistan № 02/023-1918 26 June 2020), based on the application of a new grain refiner reduced labor costs by 1.33 and energy 1.81 times;

to master the production of a rotary grain shredder, design documentation (initial requirements, technical specifications, and drawings) has been introduced into the production process of Aggregate plant JSC. As a result, it became possible to produce an energy-and resource-saving rotary grain shredder (certificate of the Ministry of agriculture of the Republic of Uzbekistan № 02/023-1918 dated June 26, 2020).

The structure and volume of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of references and appendices. The volume of the dissertation is 124 pages

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

Список опубликованных работ

List of published works

I бўлим (I часть; I part)

1. Алижанов Д.А., Абдурахмонов Ш.Х. К выбору геометрических параметров роторной дробилки// Агроилм. – Тошкент, 2008. – №4 (8). – С. 175-178. (05.00.00, № 3).

2. Алижанов Д.А., Абдурахмонов Ш.Х., Мирякубов М. Модели качества зерна экспериментальной дробилки// Агроилм. – Тошкент, 2012. – №4(24). – С. 59-61. (05.00.00, № 3).

3. Алижанов Д., Абдурахмонов Ш.Х., Гаппарова Н. Регрессионные модели показателей процесса дробления зерна// Агроилм. – Тошкент, 2012. – №2(22). – С. 66-67. (05.00.00, № 3).

4. Абдурахмонов Ш.Х., Алижанов Д.А. Чорвадорлар учун дон майдалаш қурилмасини иқтисодий баҳолаш// Ўзбекистон аграр фани хабарномаси. – Тошкент, 2019. – №1(75). – Б.127-131. (05.00.00, № 18)

5. Алижанов Д., Абдурахмонов Ш., Султанов Х. Чорвадорлар учун дон майдаловчи ихчам қурилма// Ўзбекистон кишлок хўжалиги. – Тошкент, – 2018. №4 – 19. (05.00.00, № 8).

6. Alijanov D., Abdurokhmonov Sh., Umirov N., Ganiboeva E., Khudaykulov R., Bozorboev A. About the Destruction of Grain in the Working Chamber of the Crusher – International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – India. 2018. No 9.Pp. 436-438. (IJITEE) ISSN: 2278-3075. SJR, IF=0,1, www.ijitee.org. (05.00.00, № 8).

7. Alijanov D.A., Abdurokhmonov Sh., Makhatov Sh.R. Simulation of grain movement in the working chamber –European science review Vienna, 2018. No 5-6. – Pp. 251-257. (05.00.00, № 3).

II бўлим (II часть; II part)

8. Алижанов Д.А., Абдурахмонов Ш.Х. О разрушении зерна в рабочей камере дробилки// Проблемы инновационного и конкурентноспособного развития агроинженерной науки на современном этапе: Материалы международной научно-практической конференции. – Алматы, 2008. – С.132-136.

9. Патент. FAP № 01131. Дон материалларини оқлаш ва қобиғини ажратиш қурилмаси/ Аширбеков И.А., Алижонов Д.А., Абдурахмонов Ш.Х., Исматуллаев Қ.Қ., Боллиев Н.А.// Расмий ахборотнома. – 2016. – №9.

10. D. Alijanov, Sh. Abdurokhmonov, N. Umirov Models of the quality of grinding the grain of an experimental crusher – Международной конференции International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO - 2020). 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 012117

11. Д.А. Алижонов, Ш.Х. Абдурахмонов, Н. Яхшибоев Чорвадорлар учун дон майдалаш қурилмаси// Инновацион техника ва технологияларнинг муаммо ва истиқболлари: Республика илмий ва илмий-техник анжумани илмий ишлар тўплами: – Тошкент: ТДТУ 2019. – Б.100-101.

12. Ш.Х. Абдурахмонов Кичик чорвачилик фермер хўжалиklarини техникалар билан таъминлаш муаммолари// Замонавий ишлаб чиқариш шароитида техника ва технологияларни такомиллаштириш ва уларнинг самарадорлигини ошириш: Республика илмий-амалий анжуман маъруза материаллари тўплами (2-қисм). – Наманган: НМТИ 2017йил 24-25 май. – Б-347-349.

Автореферат «Irrigatsiya va melioratsiya» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз (тезис) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (22.11.2020 й.)

Босишга рухсат этилди: 5.12.2020 йил
Бичими 60x45 ¹/₈, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 2,75 Адади: 100. Буюртма: № 89

ТТЕСИ босмахонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Шохжаҳон кўч., 5-уй.

