

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАН  
ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ 16.07.2013.Т.08.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ  
КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**БАРАКАЕВ НУСРАТИЛЛА РАЖАБОВИЧ**

**ДОН МАҲСУЛОТЛАРИНИ САРАЛАШ ВА ФРАКЦИЯЛАРГА  
АЖРАТИШ ТЕХНОЛОГИК МАШИНАЛАРИНИ ЯРАТИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб  
чиқариш жараёнлари ва аппаратлари  
(техника фанлари)**

**ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент шаҳри – 2016 йил**

**Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата докторской диссертации**  
**Content of the abstract of doctoral dissertation**

Баракаев Нусратилла Ражабович Дон маҳсулотларини саралаш ва фракцияларга ажратиш технологик машиналарини яратиш.....	5
Баракаев Нусратилла Ражабович Создание технологических машин для сепарирования и фракционирования зерновых культур .....	31
Barakaev Nusratilla Rajabovich Creation of technological machines for separation and fractionation of grain crops.....	57
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works.....	80

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАН  
ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ 16.07.2013.Т.08.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ  
КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**БАРАКАЕВ НУСРАТИЛЛА РАЖАБОВИЧ**

**ДОН МАҲСУЛОТЛАРИНИ САРАЛАШ ВА ФРАКЦИЯЛАРГА  
АЖРАТИШ ТЕХНОЛОГИК МАШИНАЛАРИНИ ЯРАТИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб  
чиқариш жараёнлари ва аппаратлари  
(техника фанлари)**

**ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент шаҳри – 2016 йил

**Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида 30.09.2014/В2014.5.Т286 рақам билан рўйхатга олинган.**

Докторлик диссертацияси Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз) илмий кенгаш веб-саҳифаси ([www.titli.uz](http://www.titli.uz)) ва «ZIYONET» таълим-информацион тармоғида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий маслаҳатчи:**

**Бахадиров Ғайрат Атаханович**  
техника фанлари доктори

**Расмий оппонентлар:**

**Негматов Сойибжон Содикович**  
техника фанлари доктори, профессор,  
ЎзР ФА академиги

**Гулямов Шухрат Манапович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Артиков Асқар Артикович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Бухоро муҳандислик-технология институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги 16.07.2013.Т.08.01 рақамли илмий кенгаш асосида тузилган бир марталик илмий кенгашнинг «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 й. соат \_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент ш., Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-21; факс: (99871) 244-79-17; e-mail:[tkti\\_info@edu.uz](mailto:tkti_info@edu.uz).)

Докторлик диссертацияси билан Тошкент кимё-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (\_\_\_ - рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100011, Тошкент ш., Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-20

Диссертация автореферати 2016 йил «\_\_\_» \_\_\_\_\_ да тарқатилди.  
(2016 йил «\_\_\_» \_\_\_\_\_ даги \_\_\_ - рақамли реестр баённомаси)

**С.М. Туробжонов**  
фан доктори илмий даражасини берувчи  
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

**А.С.Ибодуллаев**  
фан доктори илмий даражасини берувчи  
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., профессор

**Қ.О.Додаев**  
фан доктори илмий даражасини берувчи  
илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раиси,  
т.ф.д., профессор

## **КИРИШ (докторлик диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Бугунги кунда дунё миқёсида қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қайта ишлашда қўлланиладиган машина ва жиҳозларнинг иш унумдорлигини ошириш, энергия сарфини камайтириш, ишлаб чиқариладиган маҳсулотларнинг сифатини янада яхшилаш ва хавфсизлигини таъминлашга қаратилган.

Республикамизда дон маҳсулотларига бўлган эҳтиёжни таъминлаш мақсадида 1991 йилга нисбатан бугунги кунда 10 мартадан ортиқ (2015 йилда 8 млн. тоннадан ортиқ) ғалла, 5 мартадан ортиқ дуккакли экинлар (ловия, мош, кўк нўхат, маҳаллий нўхат, соя...) етиштирилиб дон мустақиллигига эришилди.

Етиштирилаётган дон маҳсулотларининг кимёвий, физик ва механик хусусиятлари ҳамда намлигини эътиборга олган ҳолда турли органик, минерал ва йирик аралашмалардан тозалаш, массасига кўра фракцияларга ажратиш учун зарур бўлган юқори унумли, металл ва энергия тежамкор, ихчам, бир неча технологик жараёнларни бажарувчи янги туркумдаги машиналарни яратиш соҳанинг муҳим вазифаларидан биридир.

Машинанинг технологик иш режимини асослаш жараёнида: камераларда дон ҳаракати тенгламаларини тузиш ва ҳисоблаш методикаларини ишлаб чиқиш, асосий ишчи органларнинг кинематик ва конструктив параметрларини аниқлаш; донни аэродинамик сепарациялаш камерасида перфорацияланган қия токчалар ва пастки силкитувчи токча бўйлаб енгил ва йирик аралашмалардан тозалаш учун ҳаракат тенгламасини яратиш; унинг конструктив параметрларини аниқлаш; дон аралашмасининг токчалар юзаси бўйлаб ўз оқими билан бир қатлам бўлиб ҳаракатланишида ёпишиб қолган органик ва минерал аралашмалар, шунингдек, дон қобиғининг ажралишини таъминлаш; токчанинг ўйиқлар диаметри ва аспирация каналининг ўлчамларини, ҳаво оқимининг тезлигини инобатга олган ҳолда донни дастлаб енгил, сўнгра йирик аралашмалардан тозалаб алоҳида идишларга ажратиш; донни фракциялаш камерасидаги таъминловчи валикнинг бир маромда юкланиши ҳамда дон бир хил учиш тезлигига эга бўлган ҳолда массасига кўра фракцияларга ажратиш технологик жараёнларини аниқлашнинг янги йўналишини очиб беради. Шу сабабли ҳам маҳаллий дон навларининг физик-механик хоссаларини худудлар кесимида ўрганиб, турли аралашмалардан тозалаш, массасига кўра фракцияларга ажратиш учун зарур бўлган «Комбинацион сепаратор» машинасининг илмий асосларини яратиш, ишлаб чиқариш, синовдан ўтказиш ва жорий этиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2009 йил 12 мартдаги ПҚ-1072 сонли «Ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техникавий ва технологик қайта жиҳозлаш бўйича энг муҳим лойиҳаларни амалга ошириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги ва 2011 йил 31 октябрдаги ПҚ-1633 сонли «Республика озиқ-овқат саноатини бошқаришни ташкил этишни янада такомиллаштириш ва ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги

қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқот муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимё технология ва нанотехнология» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи.** Дон маҳсулотларини турли аралашмалардан тозалаш ва фракцияларга ажратиш технологиялари ва машиналарини яратишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, University of Illinois (АҚШ), University of Greenwich (Буюк Британия), Italian Culinary Institute (Италия), Institute of Agricultural engineering (Германия), Institute of Chemical technology (Франция), Canadian Institute of food science and technology (Канада), Swedish Institute of Food and biotechnology (Швеция), Россия дон ва уни қайта ишлаш маҳсулотлари илмий-тадқиқот институти, Россия қишлоқ хўжалигини механизациялаш илмий-тадқиқот институти, Олтой, Дон ва Кубань давлат аграр университетлари, Челябинск давлат агромуҳандислик академияси, Кемерово озиқ-овқат маҳсулотлари технологияси институти, Москва давлат озиқ-овқат ишлаб чиқариш университетларида (Россия) олиб борилмоқда.

Донни бошқа аралашмалардан тозалаш ва фракцияларга ажратиш машиналари ва технологияларини яратишга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор илмий натижалар олинган, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: донни босқичма-босқич турли ўлчамли элаклардан ўтказиш йўли билан тозаловчи машиналар яратилган (Institute of Agricultural engineering, Германия, Swedish Institute of Food and biotechnology, Швеция); илгариланма-қайтма ва айланма ҳаракатга эга бўлган тебранма сепараторлар ишлаб чиқаришда қўлланилган (University of Illinois, АҚШ, University of Greenwich, Буюк Британия); пневмосепараторлар яратилган (Italian Culinary Institute, Италия); гравитацион, марказдан қочма ва инерцион сепараторлар яратилган (Institute of Chemical technology, Франция, Canadian Institute of food science and technology, Канада, Swedish Institute of Food and biotechnology, Швеция); донни ҳаво оқими-элак сепараторида мураккаб ҳаракатланиши натижасида геометрик ўлчамига кўра тозалаш технологик жараёнда қўлланилган (Қишлоқ хўжалигини механизациялаш илмий-тадқиқот институти, Олтой, Дон ва Кубань давлат аграр университетлари, Кемерово озиқ-овқат маҳсулотлари технологияси институти, Москва давлат озиқ-овқат ишлаб чиқариш университетларида, Россия).

Дунёда дон маҳсулотларини саралаш ва фракцияларга ажратиш технологияси ва машиналарини яратиш бўйича қатор, жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: комбинацион технологик жараёнлар учун янги туркумдаги иш унумдорлиги юқори, энергия сарфи кам, металл тежамкор бўлган саралаш ва фракцияларга ажратиш машиналарини яратиш; технологик жараённи тўлиқ механизациялаш ва автоматлаштириш;

самарадорлиги юқори бўлган ускуналар ва илғор технологияларни қўллаш билан юқори навлардаги ун ишлаб чиқаришни кўпайтириш, ун-ёрма ва омухта-ем саноатини такомиллаштириш; дон маҳсулотларининг кимёвий, физик-механик хоссаларини ҳисобга олган ҳолда технологик жараёнларда қўлланиладиган ускуналарнинг кўрсаткичлари ва иш режимларини аниқлаш.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дон маҳсулотларини саралаш, фракцияларга ажратиш технологияси ва жиҳозларини яратиш бўйича Н.Е.Авдеев, В.И.Анискин, А.С.Архипов, А.Ф.Бутенко, Н.Ф.Васильев, Н.Г.Гладков, В.В.Гортинский, В.П.Горячкин, А.Г.Громов, П.М.Заика, А.Н.Зюлин, А.В.Зильбернагель, А.И.Климок, И.Е.Кожуховский, Н.Ф.Конченко, И.И.Косилов, В.А.Кубышев, А.А.Кукиб, П.Н.Лапшин, И.П.Лапшин, М.Н.Летошнев, А.А.Лопан, В.Н.Макаров, Е.А.Непомнящих, Г.Т.Павловский, И.Ф.Пикуза, Ю.В.Терентьев, Г.Д.Терсков, В.И.Телегин, М.А.Тулькибаев, Н.Н.Ульрих, В.М.Цециновский, Г.Ф. Ханхасаев, А.В.Фоминых, Н.Н.Ульрих, В.М.Дринча, Х.Роберт, Ш.Д.Родни, П.К.Росс, О.Уилфрид, Я.Хемери, Н.Р.Юсупбеков, Ҳ.Ҳ.Усманходжаев, Р.Г.Махкамов, З.С.Салимов, С.С.Негматов, А.А.Артиқов, А.А.Ризаев, Ғ.А.Бахадиров, Ҳ.Нурмухамедов, Ш.М.Гулямов, П.М.Турсунходжаев, Ж.П.Мухитдинов, Қ.О.Додаев, Ж.Қурбонов ва бошқалар илмий изланишлар олиб боришган.

Дон маҳсулотларини саралаш, фракцияларга ажратиш машиналари ва технологияларини яратиш бўйича тадқиқотлар натижасида иш унуми ва қуввати турлича бўлган 100 мингдан ортиқ машина ва ускуналар яратилди. Жараённинг механизациялаштирилганлиги меҳнат унумдорлигини 8-10 баробарга ошириб, ишлов беришга сарфланадиган харажатларни 1,5-2 мартага камайтириш ҳамда сифати юқори бўлган ун ва уруғлик олиш имконини берди. А.В.Фоминых, Н.Ф.Васильев, А.В.Зильбернагель, Н.Н.Ульрих ва бошқаларнинг тадқиқотлари натижаларига кўра, дон маҳсулотларини тозалаш машиналари ичида энергия сарфи кам бўлган элакли машиналар энг кўп қўлланилади. Элакли машиналарда вибрацион узатмаларни қўллаш тебранишлар амплитудасини бир неча баробар (5-10) камайтириш ҳамда тезланиши ва частотасини бир неча баробар (5-10) ошириш имкониятини берди. Г.Д.Терсков, В.В.Аненберг, А.А.Рюгер, И.Ф.Пикуза, В.Н.Макаров, В.И.Телегин, И.А.Кубышев, И.В.Морин, Н.И.Тельманов, А.К.Никитин, Н.С.Фролов, Г.Ф.Ханхасаев, Н.В.Бакум, А.Ф.Бутенко В.Н.Макаров ва бошқаларнинг тадқиқотларида лентали дон тозаловчи машиналарда маълум бурчак остида лента ҳаракати тезлиги 14 м/с гача бўлганда, отилган доннинг ҳаракат траекторияси параболадан иборат эканлиги тўғрисидаги гипотеза илгари сурилган ва тасдиқланган. Бунда дон ўзининг аэродинамик кўрсаткичлари, ўлчамлари ва солиштирама оғирлигига боғлиқ ҳолда турли масофаларга бориб тушиши қайд этилган ва лентали дон тозаловчи машиналар ёрдамида дон маҳсулотларининг тозаланиш даражасини 4-20% га ошириш мумкинлиги тасдиқланган ҳамда уруғлик дон олишга тавсия этилган. Н.И.Косилов ва А.А.Кукибин ва бошқа тадқиқотчиларнинг илмий изланишлари натижасида ишлаб чиқилган пневмо-инерцион машина дон

маҳсулотларини дастлабки тозалаш жараёнида фойдаланишга тавсия этилган.

Дон маҳсулотларини тегишли кўрсаткичлари бўйича саралаш мураккаб жараён бўлиб қуйидаги босқичларни ўз ичига олади: дон маҳсулотининг титровчи токча бўйлаб нисбий ҳаракати; ўз-ўзидан сараланиш - титровчи токчадан кейинги пастки токчага ўтиши; марказдан қочма куч таъсирида дон маҳсулотининг маълум масофаларда ўрнатилган идишларга тушиши. Технологик жараёнларда юқоридаги босқичларнинг ўзаро боғлиқлигини ҳисобга олган ҳолда дон маҳсулотларини сепарациялаш ҳамда массасига кўра фракцияларга ажратиш жараёни ва машиналарни янада такомиллаштириш долзарб, илмий-аҳамиятга эга.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишларига боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институти илмий тадқиқот режасининг ИТД-5-065. «Кимё ва озиқ-овқат маҳсулотлари учун ресурс сақловчи, экологик хавфсиз технологиялар ишлаб чиқариш» (2005-2012 йй.) ва Гулистон давлат университети АЗ-46. «Донни тозалаш ва саралаш қурилмаларининг самарадорлигини ҳисоблаш ҳамда уларни лойиҳалаш услубларини такомиллаштириш» (2015-2017 йй.) ҳамда ИОТ-2014-2-31. «Донни аралашмалардан тозалаш ва массасига кўра фракцияларга ажратиш технологияларини ишлаб чиқаришга жорий этиш» (2013-2014 йй.) лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** дон маҳсулотларини сепарациялаш ва массасига кўра фракцияларга ажратиш машинасини яратиш ва унинг технологик, кинематик ҳамда конструктив параметрларини асослашдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машиналарининг янги туркумини яратиш учун маҳаллий дон навларининг физик-механик хусусиятларини ҳудудлар кесимида ўрганиш;

донни тозалаш ва массасига кўра фракцияларга ажратиш технологик жараёнини ўрганиш ва таҳлил қилиш;

доннинг перфорацияланган токчалар юзасида ҳаракатланиш тенгламасини тузиш;

донни енгил аралашмалардан тозалаш учун ҳаво оқимининг тезлигини аниқлаш ва вентилятор танлаш;

донни йирик аралашмалардан тозаловчи пастки, тебранма ҳаракатли токча юзасидаги ҳаракатланиш тенгламасини тузиш;

фракцияларга ажратиш камерасидаги таъминловчи валик юзасида доннинг ҳаракатланиш тенгламасини тузиш;

дон маҳсулотларини бошқа аралашмалардан тозалаш ва массасига кўра фракцияларга ажратиш комбинацион сепараторини яратиш ҳамда унинг кинематик ва технологик параметрларини аниқлаш;

дон маҳсулотларини бошқа аралашмалардан тозалаш ва массасига кўра фракцияларга ажратувчи янги комбинацион сепараторни ишлаб чиқариш синовидан ўтказиш, амалиётга жорий этиш ва иқтисодий самарадорлигини аниқлаш.

**Тадқиқотнинг объекти** дон маҳсулотларини сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш технологик машинаси.

**Тадқиқотнинг предмети** дон маҳсулотларини саралаш ҳамда фракцияларга ажратиш технологик машинаси жараёнлари қонуниятлари ва унинг ўзаро боғлиқ кинематик ва технологик кўрсаткичлари.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишини бажаришда физик-кимёвий, физик-механик, кинематик, динамик ва экспериментларни режалаштириш ҳамда математик статистика усулларидан фойдаланилди.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

маҳаллий дон навларининг физик-механик хусусиятлари худудлар кесимида аниқланган;

дон маҳсулотларини сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш жараёнлари параметрларининг ўзаро боғлиқлик хусусиятлари аниқланган;

фракцияларга ажратиш камерасидаги таъминловчи валик юзасида дон ҳаракатининг дон кўндаланг кесим юзасига ҳавонинг қаршилигини инобатга олган ҳолда ҳаракатланиш тенгламаси яратилган;

комбинацияланган сепараторнинг кинематик ва технологик параметрлари маҳаллий дон маҳсулотларининг физик-механик хусусиятларини инобатга олган ҳолда аниқланган;

дон маҳсулотларини бошқа аралашмалардан тозалаш ва массасига кўра фракцияларга ажратишда иш унумдорлиги  $7,5$  т/с, габарит ўлчамлари  $l=4500$  мм,  $h=2000$  мм,  $b=500$  мм бўлган технологик машина-комбинацияланган сепаратор яратилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижаси:**

перфорацияланган токчалар юзасида ҳаво оқимини инобатга олган ҳолда дон ҳаракатининг математик модели ва ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилди;

сепарациялаш камерасида донни йирик аралашмалардан тозаловчи пастки тебранма ҳаракатли полка юзасида ҳаво оқимини кўзда тутган ҳолда дон ҳаракатининг математик модели ва ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилди;

сепарациялаш камерасида донни енгил аралашмалардан тозалаш учун ҳаво оқимининг тезлиги аниқланди ва вентилятор танланди;

ишлаб чиқариш майдонини тўрт маротаба кам эгалловчи комбинацияланган сепараторнинг конструкторлик ва техник хужжатлари ишлаб чиқилди.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги** аниқ математик моделлар ва ҳисоблаш алгоритмлари мавжудлиги, комбинациялашган сепаратор параметрларининг назарий ва синов натижалари бир-бирига мослиги билан асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти дон маҳсулотларини сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш жараёнларининг янги технологияси ва машинаси яратилганлиги ва дон маҳсулотининг қия токчаларда ҳамда таъминловчи валик билан ўзаро боғлиқликда ҳаракатланишини ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилганлиги билан белгиланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти: донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машинасининг янги конструкцияси ишлаб чиқилди, унда донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш камералари бирлаштирилган бўлиб, у машинанинг иш унумдорлиги ва дон маҳсулотини турли аралашмалардан тозалаш сифатини ошириш, шунингдек, донни массаси бўйича фракцияларга ажратиш, унинг шикастланишини истисно қилиш, материал талаблик ва электр қуввати истеъмолини камайтириш, бундан ташқари, нисбатан кичик ишлаб чиқариш майдонини эгаллаш имконини беради.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Дон маҳсулотларини сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш комбинацион сепаратори «Ўздонмаҳсулот» акционерлик компанияси донни қайта ишлаш корхоналарида ишлаб чиқаришга жорий қилинган («Ўздонмаҳсулот» АҚнинг 2016 йил 22 мартдаги 11-2-8/4299-сон маълумотномаси). Илмий натижанинг жорий қилиниши ишлаб чиқаришнинг технологик линиясини ихчамлаштириш, энергия сарфини камайтириш, тегирмонларнинг ҳар бир фракция бўйича технологик иш режимини танлаш, маҳаллий бўғдой навларидан сифатли ун ва ун маҳсулотларини олиш имконини беради.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 30 га яқин, жумладан, «Озиқ-овқат хавфсизлиги» (Тошкент, 2005, 2006, 2010); «Современные проблемы механики» (Ташкент, 2009); «Маҳаллий хом ашё ва маҳсулотларни қайта ишлаш технологияси» (Тошкент, 2009); «Кон-металлургия соҳасининг замонавий техника ва технологиялари ҳамда уларни ривожлантириш йўллари» (Навоий, 2010); «Прикладные задачи математики и механики» (Севастополь, 2010); Кимёвий технология бўйича Марказий Осиё худудий анжумани (Москва, 2012); «Машиностроение и техносфера XXI века» (Донецк, 2014, 2015); «Қишлоқ хўжалигида тадқиқот натижаларининг қўлланиши» (Гулистон, 2013); Ш.М.Айтиалиев таваллудининг 80 йиллигига бағишланган II Халқаро илмий-амалий анжуман (Алмати, 2015); «Инновации в технологиях и образовании» (Белово, 2015); «Наука, техника и инновационные технологии в эпоху могущества и счастья» (Ashgabad, 2015); «Автоматизация: проблемы, идеи, решения» (Севастополь, 2015); «Инновационные технологии и экономика в машиностроении» (Томск, 2015); «Innovative manufacturing engineering international conference» (Romania, 2015); «Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготезамкор ва инновацион ечимлари» (Фарғона, 2016) мавзуларидаги халқаро ва республика илмий-техникавий анжуманларда маъруза кўринишида баён этилди ҳамда апробациядан ўтказилди.

Диссертация иши Тошкент кимё-технология институтининг «Озиқ-овқат маҳсулотлари технологияси» факультети кафедралараро семинарида, Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги 16.07.2013.Т.08.01 рақамли фан доктори илмий даражасини берувчи илмий кенгаш қошидаги 02.00.16 – «Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб чиқариш жараёнлари ва аппаратлари» ихтисослиги бўйича бир марталик илмий семинар йиғилишида муҳокама қилинди (2016).

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 44 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этган илмий нашрларда 17 та, жумладан, 11 та республика ва 6 та хорижий журналларда мақола нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, умумий хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 200 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Дон маҳсулотларини сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш технологик машиналарининг замонавий ҳолати ва ривожланиш тенденциялари**» деб номланган биринчи бобида мавжуд технологик машиналарнинг ҳолати ва ривожланиш тенденциялари, шунингдек, улардан донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратишда фойдаланиш шартлари таҳлил қилинган.

Донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш технологик машиналарининг хусусиятлари ўрганилган.

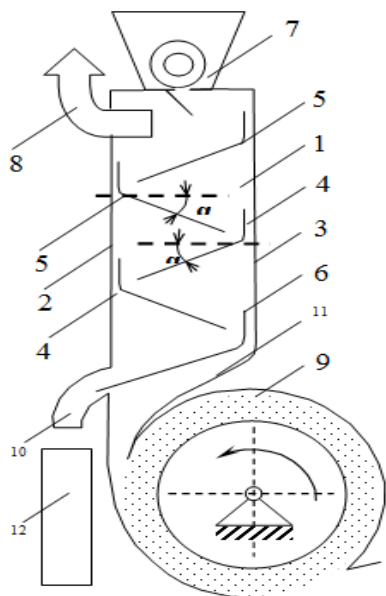
Дон маҳсулотларини сепарациялаш ва фракцияларга ажратишда машиналарнинг технологик кўрсаткичларига таъсир кўрсатадиган асосий омиллар белгиланган. Элаш усуллари ва уларнинг тавсифлари (характеристикалари) тадқиқ қилинган. Технологик машиналар ишчи органларининг доннинг мустаҳкамлик хоссаларига ва механик шикастланишларига таъсири аниқланган.

Илмий манбаларнинг танқидий таҳлили, технологик жараён ва машиналарнинг замонавий ҳолатини ўрганиш асосида бугунги кунда донни тозалаш машиналарини яратишда тобора истиқболли йўналиш дон маҳсулотларини сепарациялаш ва фракцияларга ажратишнинг универсал, содда ва кўп функцияли жиҳозларини излаш экани аниқланган.

Диссертациянинг «**Дон маҳсулотларини сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш технологик машиналарининг параметрлари ва режимларини назарий тадқиқ қилиш**» деб номланган иккинчи бобида дон маҳсулотларини сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш технологик машинаси ҳамда жараёнини такомиллаштиришга оид тадқиқотлар натижалари келтирилган. Доннинг физик-кимёвий, аэродинамик ва механик хоссаларини ҳисобга олган ҳолда маҳаллий навларни турли аралашмалардан тўлиқ тозалаш ва массасига кўра фракцияларга ажратиш мақсадида донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратишнинг икки босқичли комбинацияланган машинаси таклиф қилинди.

Биринчи босқичда аэродинамик сепарация камерасида дастлабки тозалаш амалга оширилади, бунда массаси дон массасидан енгил бўлган аралашмалар чиқариб ташланади. Таклиф қилинаётган донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машинасининг қабул камераси 1, (1-расм) ён деворлар 2 ва 3; аспирация ҳаво торткичи (канал) 4 билан ўрнатилган перфорацияланган қия силкитувчи токчалар 5, 6; юкловчи қурилма 7,

дастлабки аспирация канали 8 ва таъминловчи валик 9 дан иборат.



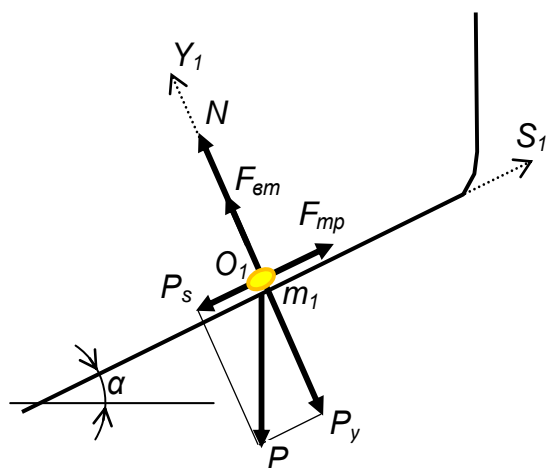
**1-расм. Дон сепарациясини таъминловчи қурилма**

Перфорацияланган қия силкитувчи токчалар 5 дон ўлчамларидан кичик бўлган перфорация тирқишларига эга, пастки қия перфорацияланган силкитувчи токча 6 дон ўлчамларидан катта перфорация тирқишларига эга бўлиб, қабул камераси 1 дан чиқиш дарчаси 10 орқали бўртиб турадиган тарзда ўрнатилган. Қабул камерасининг 1 пастки юклаш токчаси 11 уринма йўналишидаги чизик бўйлаб таъминловчи валикка 9 томон йўналтирилган. Дон сепаратори-нинг таъминловчи қурилмаси йирик оғир аралашмаларни тўплаш учун идиш 12 билан таъминланган.

Дон қия токча 5 бўйлаб ҳаракатланиши назарий жиҳатдан тадқиқ қилинган.

Дон қия токча 5 бўйлаб ҳаракатланишининг математик модели тузилган. Донни турли аралашмалардан тозалаш учун

Дон заррасининг ҳаракатсиз қия перфорацияланган токча 5 бўйлаб абсолют кўчиши шарти (2-расм), шунингдек, унинг ҳаракатланувчи перфорацияланган токча бўйлаб нисбий кўчиши шартлари ўрганилган.



**2-расм. Қия токчада жойлашган дон заррасига таъсир қилувчи кучлар схемаси**

Токча горизонтга нисбатан  $\alpha$  бурчак остида ўрнатилганида дон заррасига қуйидаги кучлар таъсир ўтказади:  $G$  - дон заррасининг оғирлик кучи,  $N$  - токча юзасининг нормал реакцияси,  $F_{тр}$  - ишқаланиш кучи ва  $F_{вт}$  - ҳаво оқимининг тортиш кучи. Зарранинг ҳаракатланиши учун токча қиялигининг бурчаги  $\alpha$  ишқаланиш бурчаги  $\gamma$  дан катта, яъни  $\alpha > \gamma$  бўлиши лозим. Юқори токчанинг узунлик бирлигига келадиган

тортиш кучини  $\vec{F}_{вт}^{(I)}$  орқали, доннинг аралашма билан биргаликдаги массасини  $m_1$  орқали ифодалаймиз.

Дон аралашмасидан ажратилган элементар бирлик оғирлик маркази ҳаракати тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$m_1(s_1)\ddot{s}_1 = m_1(s_1)g \sin \alpha - fF_{вт}^{(I)} + fm_1(s_1)g \cos \alpha, \quad (1)$$

бунда:  $f$  - ишқаланиш коэффиценти.

$m_1$  массали дон аралашмаси ҳаракатланиш чоғида  $\vec{F}_{вт}^{(I)}$  куч ҳисобига

камая боради ва биринчи яқинлашишда бу масса қуйидаги функция билан аниқланади.

$$m_1(s_1) = m_1(t) = \frac{1}{a_1 t + b_1}, \quad (2)$$

Бунда  $a_1$  ва  $b_1$  доимий коэффициентлар эксперимент асосида топилади.

Масалан, вақтнинг бошланғич momentiда ( $t=0$ ) масса  $m_1(0) = m_{10}$ , унинг биринчи тоқчадан тушиш чоғида  $t = t_{\kappa 1}$  бўлганда эса у  $m_1(t_{\kappa 1}) = m_{1\kappa}$  ни ташкил қилади.

Бу ҳолда  $a_1$  ва  $b_1$  қийматлари  $\frac{1}{b_1} = m_{10}$ ,  $\frac{1}{a_1 t_{\kappa 1} + b_1} = m_{1\kappa}$  тенгламалардан аниқланади. Бундан келиб чиқадики,  $b_1 = \frac{1}{m_{10}}$ ,  $a_1 = \frac{m_{10} - m_{1\kappa}}{m_{10} m_{1\kappa} t_{\kappa 1}}$ .

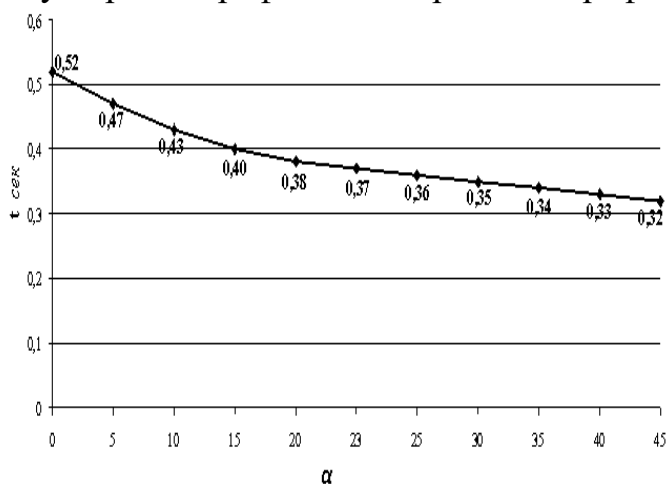
Айрим ўзгартиришлардан кейин ўзгарувчан массанинг  $m_1(t)$  ҳаракатланиш қонуниятига эга бўламиз. У қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$s_1(t) = \frac{L_1 t}{t_{\kappa 1}} + t(t_{\kappa 1} - t) \left\{ \frac{fF_{\text{см}}^{(I)}}{2} \left[ \frac{a_1}{3} (t_{\kappa 1} - t) + b_1 \right] - \frac{g \sin \alpha + fg \cos \alpha}{2} \right\}, \quad (3)$$

чунки,  $L_1 = \frac{1}{2} (g \sin \alpha + fg \cos \alpha) t_{\kappa 1}^2 - \left( \frac{a_1}{6} t_{\kappa 1}^3 + \frac{b_1}{2} t_{\kappa 1}^2 \right) fF_{\text{см}}^{(I)} + c_1 t_{\kappa 1}$ .

Кейинги тоқчалардаги ҳаракатланиш қонуни аналогик тарзда бўлади.

Доннинг тоқчада бўлиш вақти қиялик бурчагига тесқари пропорционал ва узунликка тўғри пропорционаллиги аниқланди. 3-расмда дон аралашмасининг тоқчада бўлиш вақти бошланғич узунлик  $L=50$  мм бўлганда қиялик бурчагининг қуйидаги  $\beta = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 23^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$  қийматларида ўзгариши графиги келтирилган. Графикдан кўринадики, тоқчанинг қиялик бурчаги ортиши билан дон аралашмаси зарраларининг тушиш тезлиги ортади, доннинг тоқчада бўлиш вақти эса қисқаради.



**3-расм. Дон аралашмаси тоқчада бўлиш вақтининг тоқча қиялик бурчагига боғлиқлиги графиги**

горизонтал текисликдаги айланма-илгариланма ҳаракатининг критик

бурчаги ортиши билан дон аралашмаси зарраларининг тушиш тезлиги ортади, доннинг тоқчада бўлиш вақти эса қисқаради.

Демак, тоқчанинг қиялик бурчаги юқори бўлганида дон аралашмасининг тушиш тезлиги унинг массасига пропорционал бўлади, бунда дон аралашмаси тоқча юзаси бўйлаб думалайди ёки сирпанади. Бу ҳаракатда донга ёпишиб қолган чанг ва қобиклар ажралади.

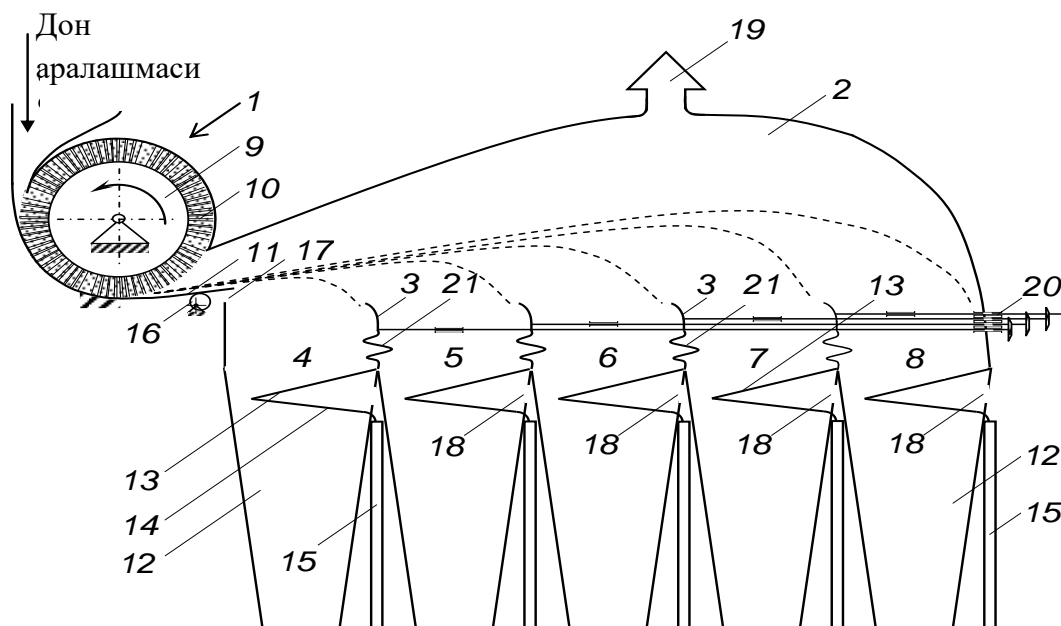
Пастки тоқчанинг 6

тезланиши тадқиқ қилинди. Пастки тоқчада 6 донни йирик аралашмалардан тозаланишнинг технологик самарадорлиги аниқланди.

Пневматик сепарациялаш назариясига асосан, ҳаво оқимининг ўртача тезлиги ортиши билан доннинг енгил аралашмалардан тозаланиш даражасининг ортиши аниқланди.

Иккинчи босқичда фракцияларга ажратиш камерасида дон ўлчамига тенг бўлган бошқа аралашмалардан тозаланади ва массасига боғлиқ ҳолда фракцияларга ажратилади (4-расм).

Фракцияларга ажратиш камераси 1 камера эни бўйлаб тақсимлагичга 2 эга бўлиб, узунлиги бўйича кўчириладиган тўсиқлар 3 ва бўлмалар 4, 5, 6, 7 ва 8 билан бўлинган, қолаверса, тақсимлагич 1 юзасида чўткалар 10 жойлаштирилган таъминловчи валик 9 шаклида бажарилган, унинг остида қиялик бурчагини бошқариш имконини берадиган йўналтирувчи лоток 11 ўрнатилган, тўсиқлар 3 эса эгик учи билан бажарилган, бунда ҳар бир бўлинма 4, 5, 6, 7 ва 8 иккига бўлинган, фракцияланган дон йиғиш идиши 12 устига қия бурчак остида элаклар 13 ҳамда лотоклар 14 ўрнатилган. Бошқа аралашмаларни йиғиш идиши 15 эса лоток 14 билан ўзаро таъсир даражасида жойлаштирилган. Фракцияларга ажратиш камераси 1 тўсиқчали кириш 17 ва чиқиш 18 аспирация каналларига эга. Қия элаклар 13 ўлчамлари ҳар бир бўлинмалар 4, 5, 6, 7 ва 8 да тушадиган дон ўлчамларидан кичик.



**4-расм. Донни фракцияларга ажратиш камераси**

Янги икки босқичли донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машинасининг асосий механизмларидан бири таъминловчи валик 1 ва йўналтирувчи лоток 11 саналади. Улар, ўз навбатида, машинанинг иш унумдорлиги ва сифатини, яъни донни тозалаш ва массасига кўра фракцияларга ажратишнинг кейинги технологик жараёнини белгилаб беради. Таъминловчи валикдан учиб чиқаётиб, дон аралашмаси бир хил бошланғич

тезликка  $V_0$  эга бўлади, унинг вектори  $Ox$  текисликда ётади ва маълум бурчак  $\beta$  остида  $Ox$  ўққа йўналтиради (5-расм). Йўналтирувчи лоток 11 қияланиш бурчагини  $\beta = 0^\circ \div 45^\circ$  доирасида бошқариш имконини берадиган қилиб ўрнатилган. Йўналтирувчи лотокнинг 11 қиялик бурчагини бошқарувчи махсус механизми 16 уни талаб қилинган катталиққа ўрнатиш имконини беради (4-расм).

Учиш чоғида зарралар ҳаракатига оғирлик кучи  $m_i g$ , бунда  $m_i$  - зарранинг  $i$  массаси,  $g$  - эркин тушиш тезлиги; шунингдек, тезликнинг биринчи даражасига пропорционал ҳаво қаршилиги  $k\dot{x}$  таъсир қилади.

$i$  - зарранинг  $OY$  ўққа проекцияланган ҳаракати тенгламаси қуйидагича кўринишга эга:

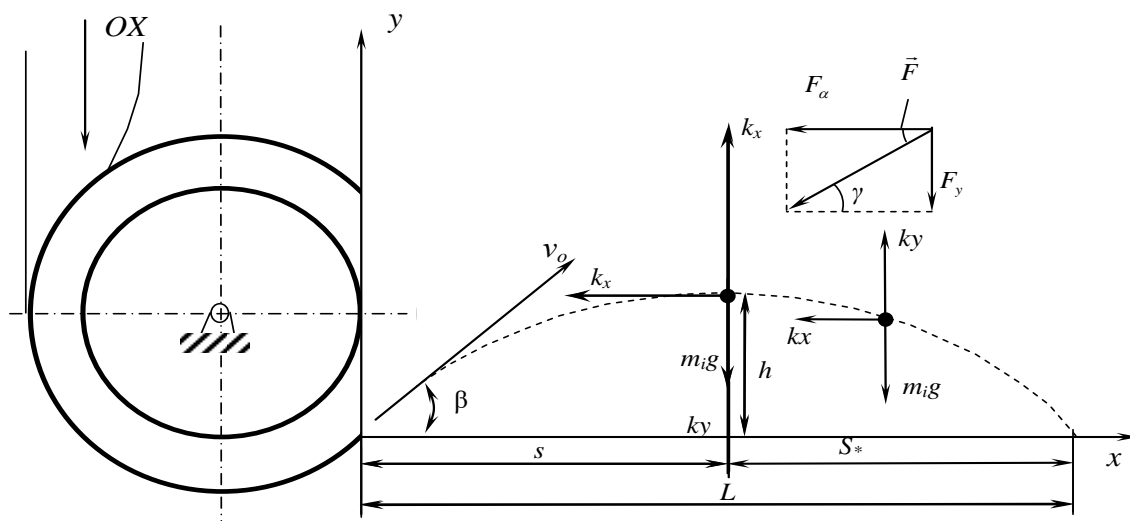
$$m_i \ddot{y} = -mg - k\dot{y} - F \sin \beta \quad (4)$$

Маълум ўзгартиришлардан кейин,  $\dot{y} = 0$  бўлганда  $y = h$ , ўрин тутаети, яъни  $m_i$  ( $i = 1, n$ ) массали зарра кўтариладиган максимал баландликни аниқлаймиз:

$$h = \frac{m_i}{k} v_0 \sin \beta - \frac{m_i^2 g}{k^2} \ln \left( \frac{V_0 \sin \beta + \frac{m_i g}{k}}{\frac{m_i g}{k}} \right) \quad (5)$$

Ихтиёрий  $m_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) зарранинг  $Ox$  ўққа проекцияланган ҳаракати тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$m_i \ddot{x} = -k\dot{x}, \text{ ёки } \ddot{x} = -\frac{k}{m_i} \dot{x} \quad (6)$$



**5-расм. Комбинацияланган сепараторнинг динамик юкланганлиги схемаси**

Ўзгартиришлардан кейин координаталар бошидан  $m_i$  массали зарра максимал  $h$  баландликка кўтариладиган нуқтагача бўлган  $s$  масофани аниқлаймиз (5-расмга қаранг):

$$s = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\beta}{\frac{2k}{m_i} (V_0 \cdot \sin \beta + \frac{m_i \cdot g}{k})} + R \quad (7)$$

бунда, R- барабан радиуси.

$m_i$  массали зарра максимал баландликка  $h$  етганидан кейин унинг пасайиши бошланади ва  $k\dot{y}$  вектори юқорига  $OY$  ўққа параллел йўналтирилган бўлади. Функционал боғлиқликларни соддалаштириш учун вақт ҳисобини яна с  $t=0$  дан бошлаймиз. Зарра ҳаракатининг  $OY$  ўққа проекцияланган дифференциал тенгламасини қуйидагича ёзамиз (5-расмга қаранг):

$$m_i \ddot{y} = -m_i g + k\dot{y} - F \sin \gamma. \quad (8)$$

Бундан,

$$y(t) = h + \frac{m_i g}{k} t + \frac{m_i^2 g}{k^2} (1 - e^{-\frac{k}{m_i} t}) \quad (9)$$

Бунда  $y=0$   $m_i$  массали зарранинг  $OX$  ўқ бўйлаб ҳисобланадиган максимал баландлигига мос келса  $t = t_*$  қийматни топиш мумкин.

$m_i$  массали зарранинг  $OX$  ўққа проекцияли ҳаракати қонуни қуйидаги тенгламада аниқланади:

$$m_i \ddot{x} = -k\dot{x}. \quad (10)$$

$$x(t) = -\frac{V_0 m_i^2 \cos \beta}{k^2 (V_0 \sin \beta + \frac{m_i g}{k})} (1 - e^{-\frac{k}{m_i} t})$$

Бундан,  $t = t_*$  ни қўйиб (9) асосида  $m_i$  массали зарранинг  $OX$  ўқ бўйлаб учиб узунлигини топамиз:

$$S_* = \frac{V_0 m_i^2 g \sin \beta}{k^2 (V_0 \sin \beta + \frac{m_i g}{k})} (1 - e^{-\frac{k}{m_i} t_*}).$$

Учишнинг умумий узунлиги аввал  $OX$  бўйича олинган натижаларни ҳисобга олганда қуйидагини ташкил қилади:

$$L = S + S_* = \frac{m_i V_0}{k (V_0 \sin \beta + \frac{m_i g}{k})} \left[ \frac{V_0}{2} \sin 2\beta + \frac{m_i g}{k} (1 - e^{-\frac{k}{m_i} t_*}) \sin \beta \right] + Rz. \quad (11)$$

Бу формула (11) комбинацияланган сепараторнинг рационал геометрик параметрларини белгилаш учун хизмат қилади.

Ҳаво қаршилиги тезлик квадратига пропорционал, яъни  $i$ - зарра ҳаракатининг  $\vec{R} = k\vec{v}^2$  тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлганда

$$m_i \ddot{y} = -m_i g - k_i \dot{y}^2 - F \sin \gamma, \quad (12)$$

бунда  $\bar{F}$  - максимал баландликка  $h$  кўтарилишгача бўлган участкада  $\gamma$  бурчак остида горизонтга нисбатан қарама-қарши оқимнинг қаршилиқ кучи.

Бунда ҳар бир зарра (ёки тахминан бир хил  $m_i$  массали зарралардан иборат бўлган алоҳида фракциялар) учун  $k_i$  га тенг пропорционаллик коэффициентини  $k$  қабул қилинган (5-расм).

Формулада (12) айрим ўзгартиришлардан сўнг қуйидаги боғлиқликни топамиз:

$$y = \frac{m_i}{2k_i} \left[ \ln \left( 1 + \frac{k_i V_0^2 \sin^2 \beta}{m_i g} \right) + \ln \frac{\left( 1 + \sqrt{\frac{k_i}{m_i g}} V_0 \sin \beta t g \sqrt{\frac{k_i g}{m_i}} t \right)^2}{1 + t g^2 \sqrt{\frac{k_i g}{m_i}} t + \frac{k_i V_0^2 \sin^2 \beta}{m_i g} \left( 1 + t g^2 \sqrt{\frac{k_i g}{m_i}} t \right)} \right] \quad (13)$$

(13) дан  $m_i$  массали зарра кўтарилиши мумкин бўлган максимал баландлик  $h$  ҳисобланади. Бу ҳолда  $\dot{y} = 0$  бўлганида

$$h = \frac{m_i}{2k_i} \ln \left( 1 + \frac{k_i V_0^2 \sin^2 \beta}{m_i g} \right) \quad (14)$$

га эга бўламиз.

Энди  $m_i$  массали зарранинг  $OX$  ўққа проекцияли ҳаракати тенгламасини тузамиз:

$$m_i \ddot{x} = -k_i \dot{x}^2, \text{ или } \ddot{x} = -\frac{k_i}{m_i} \dot{x}^2. \quad (15)$$

$\dot{y} = 0$  бўлганида  $t = t_*$  да айрим ўзгартиришлардан кейин  $m_i$  массали зарранинг  $OX$  ўқ атрофида унинг  $y = h$  баландликка максимал кўтарилишгача учуш узунлигини белгилаш учун қуйидаги ифодага эга бўламиз

$$S = \frac{m_i}{k_i} \ln \left( 1 + \frac{k_i t_* V_0 \cos \beta}{m_i} \right) \quad (16)$$

Координаталар бошини  $X = S$  нуктага ва вақт ҳисоби бошланишини  $m_i$  массали зарранинг пасайиш соҳасига кўчирамиз. Бу ҳолда  $OY$  ўққа проекцияда қаршилиқ вектори қарама-қарши йўналишга ўзгаради (5-расм).  $F=0$  да дифференциал тенглама (12) қуйидаги тарзда ёзилади:

$$m_i \ddot{y} = m_i g + k_i \dot{y}^2, \quad (17)$$

$t = 0$ ,  $y = h$  шартдан фойдаланиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$y = h + \sqrt{\frac{m_i g}{k_i}} t - \frac{m_i}{k_i} \ln \frac{e^{2 \cdot \sqrt{\frac{k_i g}{m_i}} t} + 1}{2}. \quad (18)$$

Бу формуладан  $t_k$  вақтни топиш мумкин, унда  $m_i$  массали зарра

пасайишининг охирида  $h=0$  бўлганида  $y=0$ .  $t=t_k$  да  $OX$  ўқ бўйича  $m_i$  массали зарранинг учиш узунлиги аниқланади.

$$S_* = \frac{m_i}{k_i} \ln\left(\frac{k_i}{m_i} V_0 \cos \beta \cdot e^{-\frac{k_i}{m_i} s} t_K + 1\right) \quad (19)$$

Демак зарранинг  $OX$  ўқ бўйлаб умумий учиши узунлиги қуйидагича аниқланади:

$$L = S + S_* \quad (20)$$

Диссертациянинг «**Экспериментал тадқиқот методикаси ва сепарация камерасининг ишчи органлари конструктив параметрларини аниқлаш**» деб номланган учинчи бобида икки босқичли комбинацияланган донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машинасининг ишчи органлари параметрларини экспериментал тадқиқ қилиш бўйича вазифалар доираси белгиланган. Маҳаллий дон навларининг механик хоссаларини аниқлашга оид экспериментал тадқиқотлар методикаси келтирилган. Тадқиқотлар йўл қўйиладиган (дон структурасида микро (кичик) ёриқлар пайдо бўладиган) кучланишлар, мустақамлик чегарасини аниқлаш учун Zwick универсал машинасида бирлик донларда сиқиш деформацияга статик юклама таъсирида синовлар турли даражадаги намликда амалга оширилди. Ўтказилган бирлик донларни сиқиш деформациясига оид тажриба-синовлар натижалари бўйича сиқиш деформациялари диаграммаси чизилди.

Маҳаллий дон навларининг физик-механик хоссаларини инobatга олган ҳолда унинг бир маромда ҳаракатланиш тезлигини яратиш мақсадида қия токчанинг конструктив параметрлари экспериментал йўл билан (эни 500 мм ва узунлиги 400 мм); токчалар қиялик бурчаги ( $\alpha = 23^\circ$ ) аниқланди.

Янги икки босқичли комбинацияланган донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машинасининг ён деворларига шахмат тартибида бешта қия токча ўрнатилган. Дон аралашмаси уларнинг деворларига урилган ҳолда ўз оқими билан ҳаракатланади. Урилиш пайтида дондан ёпишиб қолган органик ва минерал аралашмалар ажралиб чиқади. Чанг ва дон массасидан енгил бўлган аралашмалар ҳаво оқими ёрдамида лаборатория шароитида аниқланган  $v \leq 7 м/с$  тезликда сўриб олинади ҳамда аспирация канали орқали сифатли чиқарилиши таъминланади. Сепарация камерасининг аспирация канали учун ҳаво сарфи  $Q_v$  аниқланди: аспирация каналининг эни  $\epsilon = 50 мм$ , узунлиги  $L = 500 мм$  ва ҳаво оқими тезлиги  $v = 7 м/с$  бўлганда  $Q_v = 630 м^3/ч$  сарфли вентилятор танланди (6-расм).

Пастки силкитувчи токча эни юқори қия токчалар энига тенг бўлиши лозим. Пастки токча узунлиги эса йирик аралашмалар чиқишини таъминлаш учун юқори қия токча узунлигидан каттароқ қилиб тайёрланган.

Донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш икки босқичли комбинацияланган машинасида пастки силкитувчи токча  $\alpha$  бурчак остида ўрнатилган.  $\alpha$  бурчак ишқаланиш бурчагидан кичикроқ, дон эса, одатда, 0,8...1,0 мм қалинликдаги рухланган пўлатдан ясаладиган токча тебраниши

натижасида ҳаракатланади. Ундаги ўйиқлар донни йирик аралашмалардан тозалаш учун думалоқ шаклга эга бўлиб, унинг диаметри дон диаметридан катта, яъни  $d_c = 7\text{ мм}$  дан кичик бўлмаслиги шарт. Бунда думалоқ шаклли ўйиққа эга бўлган пастки токчанинг силкитувчи оптимал тезланиши  $9-12\text{ м/с}^2$ , тебраниш амплитудаси  $r\ 5-6\text{ мм}$  га тенглиги аниқланди.

Таъминловчи валик диаметри тажриба-синов йўли билан  $d_6 = 350\text{ мм}$ , таъминловчи валикнинг эни эса сепарация камерасининг энига тенг ҳолда  $b = 500\text{ мм}$  белгиланди. Йўналтирувчи лотокнинг таъминловчи валик остида жойлашганини ҳисобга олган ҳолда йўналтирувчи лоток эни таъминловчи валик энига тенг бўлиши шарт, шунинг учун йўналтирувчи лотокнинг эни ҳам  $b = 500\text{ мм}$  тавсия этилади.



**6-расм. Комбинацион сепараторнинг саноат қурилмаси**

Таъминловчи валикнинг айланиш частотаси ( $250-450\text{ айл/мин}$ ) ва йўналтирувчи лоток қиялик бурчагининг ( $0\text{ дан }45^\circ\text{ гача}$ ) ортиши билан дон аралашмасининг кўтарилиш баландлиги ва учиш масофаси ортиб боради, шунингдек, донни массасига кўра фракцияларга ажратиш сифати яхшиланади.

Йирик донлар (уруғлик дон ва бошқа эҳтимолий аралашмалар) катта масофани учиб ўтиб, фракцияларга ажратиш камерасининг энг узок жойлашган бўлмасига тушади. Кичик массага эга бўлган уруғлик донга нисбатан майда донлар (озик-овқат донлари ва бошқа эҳтимолий аралашмалар) массасига мувофиқ кичикроқ масофани босиб ўтади ва маълум бўлмага тушади.

Дон аралашмасини таъминловчи валикнинг ҳар хил айланиш частотасида ( $250, 300, 350, 400\text{ ва }450\text{ айл/мин}$ ) турли аралашмалардан тўлиқ тозалаш жараёни ва донни фракцияларга ажратишни йўналтирувчи лотокнинг турлича қиялик бурчагида соатига  $7,5\text{ тонна}$  иш унумдорлиги

шароитида аниқлаш бўйича тажриба-синов ишлари амалга оширилди.

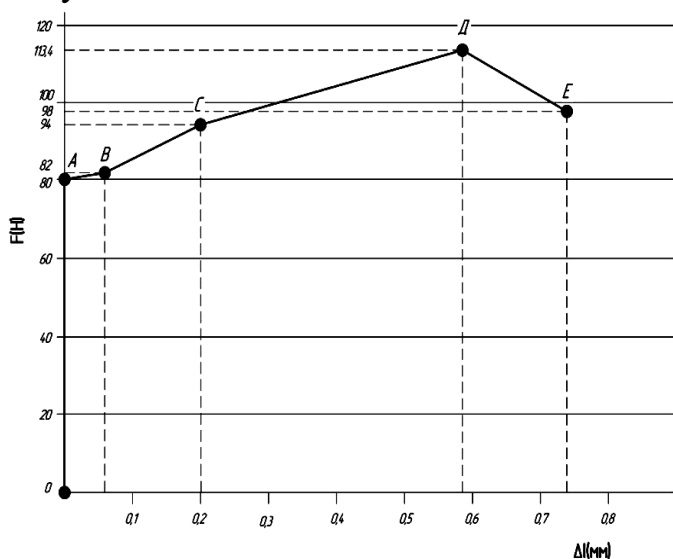
Донни сепарациялаш ва массасига кўра фракцияларга ажратиш янги машинанинг рационал-конструктив ва технологик параметрлари назарий жиҳатдан аниқланди ва тажриба-синовда тасдиқланди.

Диссертациянинг «Фракцияларга ажратиш камераси ишчи органларининг конструктив параметрларини аниқлаш бўйича тажриба-синов натижалари» деб номланган тўртинчи бобида маҳаллий дон навларини тозалаш ва фракцияларга ажратиш жараёнининг структуравий-механик характеристикалари ва параметрларини аниқлаш бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари баён қилинган.

Маҳаллий дон навларининг структуравий-механик хоссаларини ўрганиш назарий ва амалий аҳамият касб этиб, маҳаллий дон навларининг структуравий-механик хоссаларини ва деформацияланиш механизмларини билиш мавжуд бўлган донни тозалаш ва фракцияларга ажратиш жиҳозларини такомиллаштириш ва янгиларини яратиш имконини беради. Олиб борилган тадқиқотлар «ZWICK-1445» синов машинасида статик ва динамик сиқиш деформациясида айрим маҳаллий дон навларининг емирилиши учун зарур кучланишларни аниқлашга имкон берди. 11% фоиз намликдаги донни «ёнбош-ёнбош» ҳолатида сиқиш диаграммалари таҳлил қилинди.

Кучланишлар диаграммасининг биринчи «0-A» қисми қиялик бурчаги катта бўлмаган тўғри чизик кўринишида бўлиб, деформация кучнинг ортишига тўғри пропорционал тарзда кечади. Юклашнинг бу босқичида дон ўзининг эластиклик хоссаларини сақлаб қолади (7-расм).

Диаграмманинг «A-B» участкаси шартли қўнимсизлик, яъни доимий юкламада деформациянинг ортишига тўғри келади. Бунда дон юзасида сиқиш кучини юза бўйлаб тақсимлаш рўй беради, бу пўстлоқ қаватлари ўртасида структурада бўшлиқлар тўлдирилишига олиб келади. Куч қийматини нолга тенглаштиргандан кейинги вазиятда доннинг ҳолатини визуал баҳолаш қийин.



7-расм. Донни сиқиш диаграммаси

Доннинг шишасимонлиги асосан бузилмаган, фақат 15-20 марта катталаштирилганда дон юзасида ҳаракатчан шток билан алоқа жойларида тахминан 0,3x0,2мм ўлчамли кичик эзилиш кузатилади.

Кучни янада катталаштиришга тўғри келадиган қиялик бурчаги катта бўлган «B-C» участкада дон биринчи участкадагига қараганда пластик деформация ҳосил бўлади. Мазкур участкада юклама бекор қилинганда «C» нуктага яқинроқ-

да дон структурасида кўндаланг ички ёриқлар пайдо бўлишини визуал аниқлаш мумкин. Қолдиқли деформация катталиги 0,2 мм ни ташкил қилади.

Диаграмманинг навбатдаги «С-Д» участкаси аниқ ифодаланган кўнимсизликка тўғри келади. Кучни бекор қилгандан кейинги қолдиқ деформация катталиги 0,3 дан 0,59 мм гачани ташкил қилди.

«Д-Е» участкада умуман доннинг емирилиши билан кечадиган пластик деформациянинг ҳосил бўлиши юқори даражани ташкил этади.

11 % намликдаги доннинг маҳаллий нави структурасида жиддий ўзгаришларга олиб келмайдиган йўл қўйиладиган кучнинг катталиги «ёнбош-ёнбош» ҳолатида 128,5 Н, «тик» ҳолатда - 75,2 Н ни ташкил қилади.

1-жадвалда маҳаллий дон навларининг намлиги уларнинг мустаҳкамлик характеристикаларига таъсири бўйича тадқиқот натижалари акс эттирилган.

Намлик ортганда емирувчи куч камайиши, деформация миқдорининг ортиши, бироқ емирилишнинг ўзи янада катта юкланишларда рўй бериши аниқланди.

Экспериментал тадқиқотлар жараёнида доннинг микрошикастланиши таъминловчи валикнинг чўткалари ва токчалар юзасига эркин тушиши ва бошқа бир неча омилларга боғлаб ўрганилди. Доннинг юза билан ўзаро таъсирини назарий тадқиқ қилиш натижасида доннинг микрошикастланишига унинг учиш тезлиги таъсир кўрсатиши аниқланди.

1-жадвал

**Маҳаллий дон навларининг турли намликда мустаҳкамлик чегарасидаги кучи ва абсолют деформацияси**

Т. р.	Доннинг номи	0,1...0,22			0,2...0,37			0,3...0,59		
		Намлик %	мустаҳкамлик чегарасидаги куч Н.	Абсолют деформация мм.	Намлик %	мустаҳкамлик чегарасидаги куч Н.	Абсолют деформация мм.	Намлик %	мустаҳкамлик чегарасидаги куч Н.	Абсолют деформация мм.
1	Чиллаки (Андижон вил.)	9	142,7	0,1...0,22	12	117,5	0,2...0,37	16	97,8	0,3...0,59
2	Бобур (Сирдарё вил.)	8	153,2		11	128,5		15	107,8	
3	Нота (Тошкент вил.)	8	136,4		11	113,4		15	95,2	

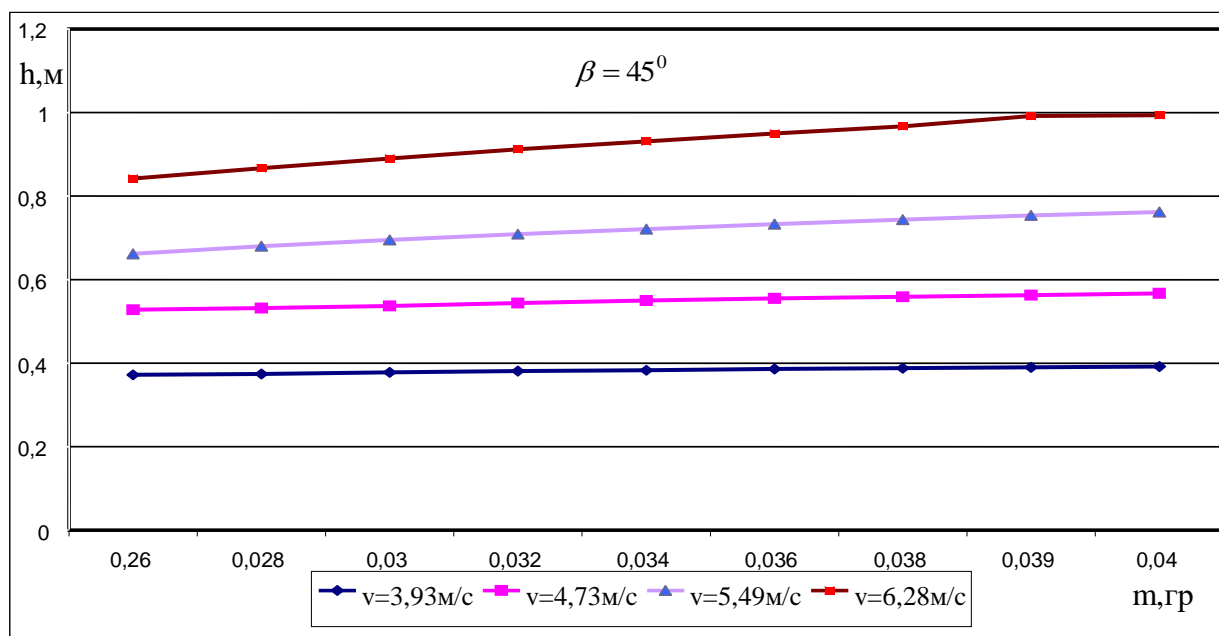
Назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижасида аниқланишича, перфорацияланган қия токча юзаси бўйлаб дон аралашмасининг ўз оқими билан ҳаракатланиши учун токчанинг қиялик бурчаги  $23^\circ$  дан кичик, перфорациялар диаметри эса 3,5 мм дан катта бўлмаслиги лозим.

Таъминловчи валикдан учиб чиқиш пайтида дон аралашмаси бир хил бошланғич тезликка  $V_0$  эга бўлади, унинг вектори  $Ox$  текисликда ётади ва  $Ox$  ўққа маълум бурчак  $\beta$  остида йўналтирилган бўлади.

Таъминловчи валикдан массасига мувофиқ маълум траектория бўйлаб

учиб чиқадиган дон аралашмаси фракцияларга ажратиш камерасининг бутун узунлиги бўйлаб тақсимланади. Фракцияларга ажратиш камерасининг узунлиги ва баландлиги таъминловчи валикнинг иш режими ҳамда йўналтирувчи лотокнинг қиялик бурчагига боғлиқ бўлади. Таъминловчи валик айланишининг рационал частотаси  $n_6 = 450 \text{ об/мин}$  ва йўналтирувчи лотокнинг қиялик бурчаги  $\alpha = 45^\circ$  бўлганда, назарий тадқиқотлар асосида исботландики, донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машинасининг фракцияларга ажратиш камераси узунлиги  $L=5000 \text{ мм}$ , эни  $B=500 \text{ мм}$ , баландлиги  $h=1500 \text{ мм}$ ни ташкил этади. Шунингдек, конструктив тарзда исботландики, донни тўлиқ тозалаш ва массасига кўра фракцияларга ажратиш ҳамда маълум бўлмаларга тўплаш учун бўлмалар орасидаги масофа  $100 \text{ мм}$ , токчалар узунлиги эса  $200 \text{ мм}$ , токчалар эни фракцияларга ажратиш камераси энига тенг бўлиши лозим. Ҳар бир бўлма токчаларининг қиялиниш бурчагини  $\alpha = 0 - 24^\circ$  чегарада (регуляциялаш) бошқариш мумкин бўлган қайта ишланаётган дон аралашмасига боғлиқ ҳолда рационал қийматларни топиш уни бошқа аралашмалардан тўлиқ тозалаш ҳамда массасига кўра фракцияларга ажратиш имкониятини яратади.

Экспериментал тадқиқотлар натижалари бўйича қабул қилинган геометрик параметрлар учун маҳаллий дон навининг дон массаси ва учиш тезлигига, шунингдек, йўналтирувчи лотокнинг қиялик бурчагига боғлиқ бўлган учиш узунлиги ва кўтарилиш баландлиги графиклари қурилди (8, 9-расм).



**8-расм. Доннинг маҳаллий нави кўтарилиш баландлигининг массага боғлиқлиги диаграммалари**

Аниқландики, йўналтирувчи лотокнинг қиялик бурчаги  $\alpha = 45^\circ$ , таъминловчи валикнинг айланиш частотаси  $250 \text{ айл/мин}$ , доннинг учиш узунлиги  $1,8 \text{ м}$  гача, кўтарилиш баландлиги эса  $0,4 \text{ м}$  гача; айланиш частотаси  $450 \text{ айл/мин}$ , доннинг учиш узунлиги  $4 \text{ м}$  гача, кўтарилиш баландлиги эса  $1 \text{ м}$  ни ташкил қилади. Шунингдек, графикдан кўринадики,

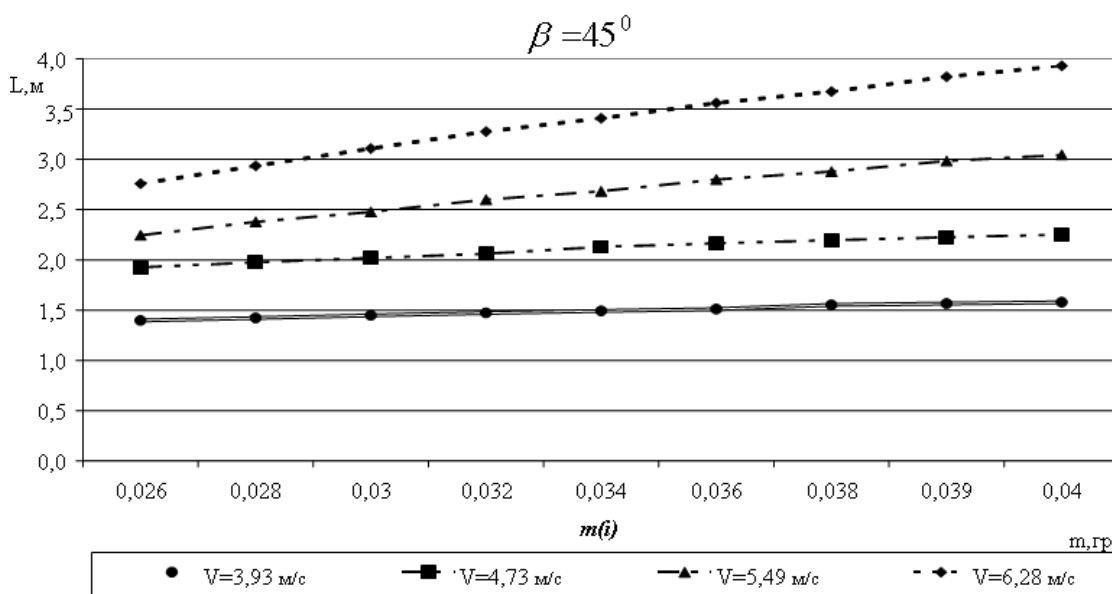
дон аралашмаси зарраларининг кўтарилиш баландлиги унинг массасига пропорционал тарзда ортади.

Демак, энг катта массага эга бўлган зарралар энг катта баландликка кўтарилади ва максимал масофани учиб ўтади. Тажриба-синов натижалари назарий маълумотлардаги қийматлардан 5% дан ортиққа фарқ қилмади.

Комбинацион сепараторнинг дастлабки ва лаборатория шароитида синов жараёнида аппаратнинг саноат шароитида ишлашини текшириш зарурати юзага келди. Саноат тадқиқотларининг асосий мақсади аппаратнинг соҳага оид стандартнинг технологик талабларини қаноатлантирадиган иш режимини аниқлашдан иборат бўлди.

Комбинацион сепаратор ишини технологик баҳолашнинг асосий мезони қайта ишлаш жараёнида доннинг тўлиқ тозаланиши ва массасига кўра фракцияланиши саналади. Тадқиқотлар жараёнида, шунингдек, саноат шароитида донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машинасида қайта ишлашда доннинг турли аралашмалардан тўлиқ тозаланиши ва массасига кўра фракцияларга ажратишга таъсир қиладиган назарий қонуниятларнинг ишончилигини текшириш зарур.

Донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машинасида қайта ишлагандан кейин уруғлик дон сифати, яъни дон турли аралашмалардан тўлиқ тозаланганлиги ва массасига кўра фракцияларга ажралганлиги аниқланди. Юқори массали донлар уруғлик сифатларига эга эканлиги исботланди.



**9-расм. Доннинг маҳаллий нави учиш узунлигининг массага боғлиқлиги диаграммаси**

Экспериментал комбинацион сепаратор ва туркум ЗМ-60 машиналарида қайта ишланган доннинг униб чиқувчанлигини ўрганиш натижасида экспериментал аппаратнинг таъминловчи валиги 450 айл/мин дан катта бўлмаган частотаси ва йўналтирувчи лоток қиялик бурчаги  $\alpha = 45^\circ$  бўлганда доннинг униб чиқувчанлиги ЗМ-60 машинасида қайта ишланган

донниқидан 6-7 мартагача юқори экани аниқланди. Дон массасини баҳолаш мезони сифатида 1000 та дон массасидан фойдаланилди.

Донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машинасининг турли режимларида экспериментал тадқиқотлар натижалари 2-жадвалда келтирилган.

Олинган натижалар дон массасининг фракцияларга ажратиш камераси узунлиги бўйича ўзгариш характери ҳақида фикр юритиш мумкин. Афтидан, таъминловчи валикнинг айланиш частотаси ортиши билан энг катта массали дон фракцияларининг бевосита биринчи участкада ажралиши рўй беради. Яна таъкидлаш керакки, биринчи участкада ажратилган дон фракциялари таркибида бошқа аралашмалар мавжуд эмас.

Донни тозалаш ва фракцияларга ажратишда агротехник сифатини баҳолашнинг асосий мезонларидан бири шикастланиш даражаси саналади. Тадқиқотлар лаборатория шароитларида олиб борилганлиги сабабли олинган ҳар бир фракция учун микрошикастланиш даражаси маълум методика бўйича аниқланди.

2-жадвал

$\alpha = 45^\circ$  бўлганда камера узунлиги бўйича 1000 та дон массаси ўзгаришининг таъминловчи валик айланиш частотасига боғлиқлиги

Т. р.	Таъминловчи валикнинг айланиш частотаси, айл/мин.	Фракцияларга ажратиш камераси бўлмалари сони ва узунлиги (метр)								
		9	8	7	6	5	4	3	2	1
		0,3-1,3	1,3-1,7	1,7-2,1	2,1-2,5	2,5-2,9	2,9-3,3	3,3-3,7	3,7-4	4-4,5
1	450	20,7	23,8	27,3	29,4	32,1	34,8	36,7	39,2	41,4
2	400	22,5	26	29,1	31,6	34,8	37,2	38,7	40,3	
3	300	25,2	29,5	32,2	34,3	36,9	38,4	39,8		
4	250	27,4	30,8	33,3	36,2	37,7	39,4			

Таҳлил натижалари кўрсатдики, фракцияларга ажратиш камераси узунлиги бўйлаб донни массасига кўра фракцияларга ажратишда макрошикастланиш рўй бермади. Таъминловчи валик юзасида чўткаларнинг мавжудлиги дон аралашмаси текис қамраб олинишини таъминлайди. Дон аралашмаси таъминловчи валикнинг айланма ҳаракатидан тегишли тезлик олиб, маълум траекторияда 1 метргача баландликда, 4 метргача масофани учиб ўтиб, массасига мувофиқ тарзда камеранинг бутун узунлиги бўйлаб фракцияларга ажралади.

Сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машиналари техник характеристикаларида дон аралашмаси токча юзаси билан ўзаро урилганда ҳар бир дон заррасига таъсир қиладиган максимал куч унинг ҳаракат тезлигига ва массага тўғри пропорционал бўлиб,  $F = 15 H$  дир. Маҳаллий навларда доннинг емирилиши учун  $80 H$  дан юқори юкламалар бериш кузатилди. Нам дон аралашмасини қайта ишлаш чоғида доннинг юза қатламидаги намлигини 3% гача камайтириш имкониятини беради.

Назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижаларини ҳисобга олган

ҳолда дон маҳсулотларини сепарациялаш ва массасига кўра фракцияларга ажратиш машинасининг технологик схемаси асосида (10-расм) саноат намунаси яратилди ва ишлаб чиқаришга жорий қилинди.

Диссертациянинг «Ишлаб чиқилган янги дон маҳсулотларини сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машинасининг техник-иқтисодий асосланиши» деб номланган бешинчи бобида таклиф қилинаётган машинанинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари ишлаб чиқарилаётган амалдаги қурилмалар билан қиёслаган ҳолда, шунингдек, корхонада соф дисконтланган фойда кўринишидаги йиллик самараси келтирилган.

Ҳозирда қўлланаётган ва таклиф қилинаётган машиналарнинг иқтисодий самарадорлигини ҳисоблаш натижалари ва қиёсий маълумотлари 4-жадвалда акс эттирилган.

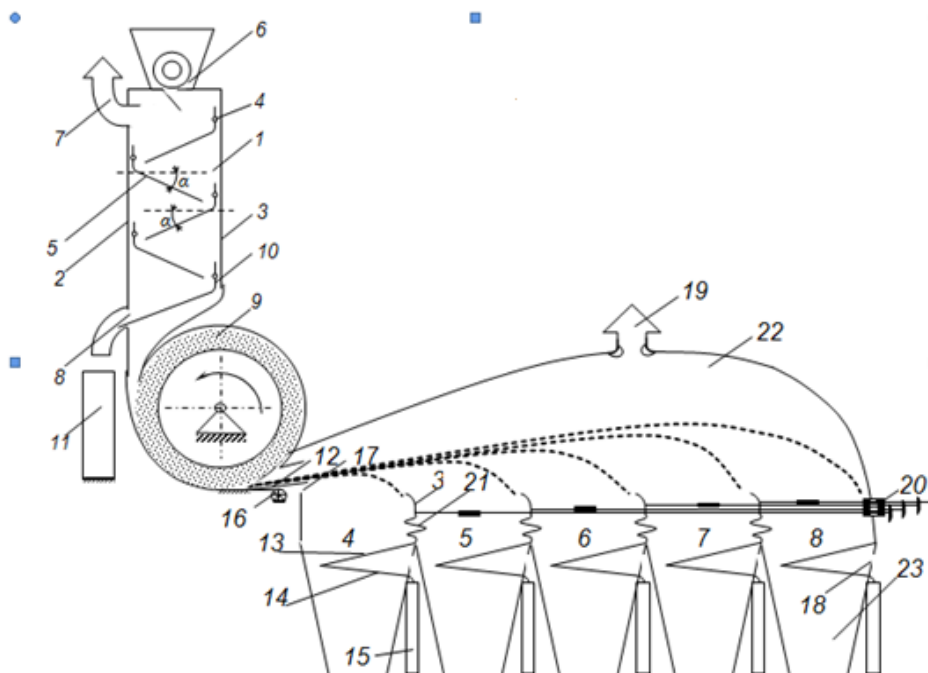
#### 4-жадвал

#### Дон маҳсулотларини сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машинасидан фойдаланишнинг иқтисодий самарадорлиги йиғма кўрсаткичлари

Т.р.	Кўрсаткичлар	Ўлчов бирлиги	Вариантлар	
			Сепаратор БИС ва бошқ.	Эксперимент.
1	2	3	4	5
1.	Битта машинанинг баланс қиймати (А1 БИС-12; РЗБКТ-100; А1БЗК-18, У1БМП ва аспирация канали)	сўм.	136 000000	17000000
2.	Машиналар сони	сўм.	4	2
3.	Ҳамма машиналарнинг баланс қиймати	сўм.	554000000	17000000
4.	Битта машинанинг бир соатлик унумдорлиги	т/с	12	15
5.	Йиллик ишлаб чиқариш	т	65000	81000
6.	Фойдаланиш, жумладан, электр энергиясига харажатлар	сўм./т	2213	523,45
		сўм./т	242,2	51,7
7.	Фойдаланиш харажатларининг тежалиши	сўм./т	-	1689
8.	Фойдаланиш харажатларининг камайиш даражаси	%	-	76,3
9.	Солиштирма материал хажмдорлик	кг./т	0,041	0,019
10.	Материал хажмдорликнинг пасайиш даражаси	%	-	53,1
11.	Янги машинани жорий қилишдан қўшимча фойда	сўм.	-	460320000
12.	Тежаладиган йиллик харажатлар	сўм.	-	136809000-
13.	Қўшимча капитал харажатларнинг қопланиш муддати	йил	-	1,3
14.	Эгаллайдиган ишлаб чиқариш майдони	кв.метр	81	18
15.	1 м <sup>2</sup> ишлаб чиқариш майдони учун эксплуатация харажатлари	сўм	8100000	1800000

Иқтисодий самарадорлик билан бир қаторда дон аралашмасига ишлов беришнинг юқори сифатига эришилади. Уруғлик доннинг сифати яхшиланиши ва шикастланишининг олди олиниши ҳисобига унинг униб

чиқиш даражаси ортади.



10-расм. Комбинацияланган сепараторнинг технологик схемаси.

## ХУЛОСАЛАР

1. Республика минтақалари бўйлаб маҳаллий дон навларининг физик-механик хоссаларини ўрганиш янгидан яратилаётган донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машиналарининг конструктив ва технологик параметрларини илмий асослаш ҳамда дон шикастланишининг олдини олиш имконини берди.

2. Дон маҳсулотларини сепарациялаш ва массасига кўра фракцияларга ажратиш машинаси камераларидаги ҳаракатининг математик модель ва ҳисоблаш методикалари ишлаб чиқилди, улар асосий ишчи органларнинг кинематик ва геометрик параметрларини аниқлаш имконини беради.

3. Донни перфорацияланган қия токчалар ва пастки силкитувчи токча бўйлаб енгил ва йирик аралашмалардан тозалаш учун ҳаракат тенгламаси тузилди ва унинг асосида перфорацияланган қия токчалар ва пастки силкитувчи токчанинг конструктив параметрларини аниқлашга имкон берди.

4.  $7,5 \text{ m/s}$  унумдорлик шароитида перфорацияланган қия токчалар ва пастки силкитувчи токчанинг рационал параметрлари аниқланди: қия токчалар эни -  $500 \text{ мм}$ ; қия токча узунлиги -  $400 \text{ мм}$ ; токчанинг қиялик бурчаги  $\alpha = 23^\circ$ ; пастки қия токчанинг узунлиги -  $430 \text{ мм}$ . Бу катталиклар дон аралашмасининг токчалар юзаси бўйлаб ўз оқими билан бир қатлам бўлиб ҳаракатланишини, ёпишиб қолган органик ва минерал аралашмалар ҳамда дон қобиғининг ажралишини таъминлайди.

5. Математик моделлаштириш ва экспериментал тадқиқот методлари ёрдамида перфорацияланган қия токчанинг перфорация ўлчамлари аниқ-

ланди: юқори токчаларнинг ўйиқ диаметри – 4 мм, пастки силкитувчи токча учун – 7 мм, аспирация каналининг ҳаво торткичлари эни – 50 мм, баландлиги - 1500 мм, ҳаво оқимининг тезлиги - 7 м/с. Улар энгил аралашмаларнинг перфорация ва аспирация каналлари орқали сўрилиши, йирик аралашмаларни алоҳида идишга ажратилиши ва донни таъминловчи валик камерасига бир маромда юкланишини таъминлайди.

6. Таъминловчи валикнинг конструктив параметрлари ишлаб чиқилган математик моделлар асосида технологик талаблар ва машинанинг иш унумдорлигига боғлиқ ҳолда аниқланди, унинг диаметри – 350 мм, эни – 500 мм ва айланиш частотаси 450 айл/мин бўлиб, донни текис қамраб олиш ва бир хил бошланғич тезликда ( $v = 6,28\%$ ) бир маромдаги учишини таъминлайди.

7. Дон учишининг умумий баландлиги  $h$  ва узунлиги  $L$  ни аниқлашда таъминловчи валикдан учиб чиқиш бошланғич тезлиги  $v$ , йўналтирувчи лоток қиялик бурчаги  $\alpha$ , ҳаво қаршилиги коэффиценти  $k$ , дон массаси  $m$ , шунингдек, маҳаллик дон навларини тавсифларига боғлиқ ҳолда аниқлаш имконини берадиган дифференциал тенгламалар тузилди.

8. Аниқландики, йўналтирувчи лоток қиялик бурчаги  $\alpha = 45^\circ$  бўлганда дон массаси  $m$  га боғлиқ ҳолда унинг учиши баландлиги  $h$  0,2 дан 1 м гача, доннинг учиш узунлиги  $L$  эса 1,5 м дан 4 м гача ораликда ҳаракатланади. Бу параметрлар донни массасига кўра бир неча фракцияга ажратиш, унинг намлигини 2 % дан 3 % гача камайтириш, шунингдек, турли аралашмалардан тўлиқ тозалаш имконини беради.

9. Республика минтақалари бўйлаб маҳаллий дон навларининг физик-механик хоссаларини ўрганиш янгидан яратилаётган донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машиналарининг конструктив ва технологик параметрларини илмий асослаш ҳамда дон шикастланишининг олдини олиш имконини беради.

10. Олинган тадқиқот натижалари асосида донни сепарациялаш ва фракцияларга ажратиш машинасининг илмий асосланган параметрларга эга бўлган янги конструкцияси ишлаб чиқилди, тайёрланди ва ишлаб чиқаришга жорий қилинди. Натижада корхонанинг технологик линияси ихчамлаштирилди, энергия сарфи камайтирилди. Бу эса тегирмонларнинг ҳар бир фракция бўйича технологик иш режимини танлашга ҳамда маҳаллий буғдой навларидан сифатли ун ва ун маҳсулотларини олишга асос бўлади.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
ДОКТОРА НАУК 16.07.2013.Т.08.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**БАРАКАЕВ НУСРАТИЛЛА РАЖАБОВИЧ**

**СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ДЛЯ СЕПАРИРОВАНИЯ  
И ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

**02.00.16 – «Процессы и аппараты химических технологий  
и пищевых производств»  
(технические науки)**

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

**город Ташкент - 2016 год**

**Тема докторской диссертации зарегистрирована за № 30.09.2014/B2014.5.T286 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.**

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-странице по адресу [www.tkti.uz](http://www.tkti.uz) и информационно-образовательном портале ZIYONET по адресу [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)

**Научный  
консультант:**

**Бахадиров Гайрат Атаханович**  
доктор технических наук

**Официальные  
оппоненты:**

**Негматов Сойибжон Содикович**  
доктор технических наук, профессор,  
академик АН РУз

**Гулямов Шухрат Манапович**  
доктор технических наук, профессор

**Артиков Аскар Артикович**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Бухарский инженерно-технологический институт**

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 года в «\_\_» часов на заседании разового научного совета на основе научного совета по присуждению ученой степени доктора наук 16.07.2013.Т.08.01 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: 100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-21; факс: (99871) 244-79-17; e-mail:[tkti\\_info@mail.ru](mailto:tkti_info@mail.ru).

Докторская диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № \_\_\_\_, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.:(99871)244-79-20).

Автореферат диссертации разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 года.  
(протокол рассылки № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2016 г.).

**С.М.Туробжонов**

Председатель научного совета по присуждению учёной степени доктора наук д.т.н., профессор

**А.С.Ибодуллаев**

Ученый секретарь научного совета по присуждению учёной степени доктора наук д.т.н., профессор

**К.О.Додаев**

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёной степени доктора наук д.т.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время в мировых масштабах обретает большое значение обеспечение повышения производительности машин и оборудования, используемого для переработки сельскохозяйственной продукции, снижения энергопотребления, улучшения качества и обеспечения безопасности производимой продукции.

С момента обретения республикой независимости в целях обеспечения потребности населения в зерне сегодня по сравнению с 1991 годом выращивается в 10 раз больше зерна (в 2015 году более 8 млн. тонн), в 5 раз больше бобовых (фасоль, маш, зеленый горошек, местный горох, соя и др.).

Создание металло и энергосберегающих, компактных, выполняющих несколько технологических процессов машин новой серии, необходимых для очистки от различных органических, минеральных и крупных примесей, а также фракционирования выращенных зерновых культур по массе с учетом их особенностей является одним из важных проблем отрасли.

Разработка математической модели и методик расчета движения зерна в камере машины для сепарирования и фракционирования по массе позволяет определить кинематические и конструктивные параметры основных рабочих органов. Составление уравнение движения зерна по наклонным перфорированным полкам и нижней наклонной встряхивающей полке для очистки от легких и крупных примесей и определение на этом основе конструктивных параметров наклонных перфорированных и нижней встряхивающей полок является основой формализации движения зерновой смеси по поверхности полок самотеком одним слоем при одновременном обеспечении очистки от прилипнувших органических и минеральных примесей и оболочки зерна. Математическое моделирование открывает новые направления для определения диаметра отверстий верхних и нижних встряхивающих полок, геометрических параметров аспирационного канала, скорости воздушного потока и всасывания легких примесей из состава зерновой смеси с поверхности перфорированных полок через аспирационные каналы, технологических процессов выделения в отдельную емкость крупных примесей и равномерной загрузки зерна в питающий валик камеры. Именно поэтому большое значение имеет создание, испытание и внедрение машины «Комбинированный сепаратор» для очистки от различных примесей, разделения на фракции по массе на основе изучения физико-механических свойств местных сортов зерна в разрезе регионов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-1072 “О программе мер по реализации важнейших проектов по модернизации, техническому и технологическому перевооружению производства на 2009-2014 годы” от 12 марта 2009 года и № ПП-1633 “О мерах по дальнейшему совершенствованию организации управления и развитию пищевой промышленности Республики в 2012-2015

годах” от 31 октября 2011 года, а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Химическая технология и нанотехнология».

**Обзор международных научных исследований по теме диссертации.** Научные исследования, направленные на разработку и совершенствование технологии и машин для очистки от различных примесей и фракционирования зерна, осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе, University of Illinois (США), University of Greenwich (Великобритания), Italian Culinary Institute (Италия), Institute of Agricultural engineering (Германия), Institute of Chemical technology (Франция), Canadian Institute of food science and technology (Канада), Swedish Institute of Food and biotechnology (Швеция), Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки, Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, Алтайский, Донской, Кубанский и Омский государственные аграрные университеты, Челябинская государственная агроинженерная академия, Кемеровский институт технологий пищевых продуктов, Московский государственный университет пищевых производств (Россия).

В результате проведенных в мире исследований в области технологий и машин для очистки от примесей и фракционирования получены ряд существенных научных результатов, в том числе: созданы машины для очистки зерна путем поэтапного просеивания зерна через сита различных размеров (Institute of Agricultural engineering, Германия, Swedish Institute of Food and biotechnology, Швеция, Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки, Алтайский, Донской, Кубанский и Омский государственные аграрные университеты, Челябинская государственная агроинженерная академия, Россия); применены в производстве колеблющиеся сепараторы с вазвратно-поступательным движением (University of Illinois, США, University of Greenwich, Великобритания); созданы пневмосепараторы (Italian Culinary Institute, Италия, Institute of Agricultural engineering, Германия); разработаны гравитационные, центробежные и инерционные сепараторы (Institute of Chemical technology, Франция, Canadian Institute of food science and technology, Канада, Swedish Institute of Food and biotechnology, Швеция); в технологическом процессе применена очистка зерна с помощью воздушного потока путем двухразового пропуска сначала и после через сито-системные сепараторы (Canadian Institute of food science and technology, Канада, Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, Алтайский, Донской, Кубанский и Омский государственные аграрные университеты, Кемеровский институт технологий пищевых

продуктов, Московский государственный университет пищевых производств Россия).

В мире осуществляется ряд исследований по созданию технологии и машин для сепарирования и фракционирования зерна, по ряду приоритетных направлений проводятся исследования, в том числе создание новой серии высоко-производительных, энерго и металлоберегающих машин для сепарирования и фракционирования для комбинированных технологических процессов; полная механизация и автоматизация технологического процесса; увеличение производства муки высших сортов с применением высокопроизводительных приборов и передовых технологий, развитие мучно-крупяной и комбикормовой промышленности; рекомендация показателей и режимов работы приборов, применяемых в технологическом процессе с учетом химических, физико-механических свойств зерновых культур.

#### **Степень изученности проблемы.**

Научные исследования по созданию технологии и оборудования сепарации и фракционирования зерновых культур осуществлялись Н.Е.Авдеевым, В.И.Анискиным, А.С.Архиповым, А.Ф.Бутенко, Н.Ф.Васильевым, Н.Г.Гладковым, В.В.Гортинским, В.П.Горячкиным, А.Г.Громовым, П.М.Зайкой, А.Н.Зюлиным, А.В.Зильбернагельем, А.И.Климоком, И.Е.Кожуховским, Н.Ф.Конченко, И.И.Косиловым, В.А.Кубышевым, А.А.Кукибом, П.Н.Лапшиным, И.П.Лапшиным, М.Н.Летошневым, А.А.Лопаном, В.Н.Макаровым, Е.А.Непомнящих, Г.Т.Павловским, И.Ф.Пикузой, Ю.В.Терентьевым, Г.Д.Терсковым, В.И.Телегиным, М.А.Тулькибаевым, Н.Н.Ульрихом, В.М.Цециновским, Г.Ф. Ханхасаевым, А.В.Фоминых, Н.Н.Ульрихом, В.М.Дринчой, Х.Робертом, Ш.Д.Родни, П.К.Россом, О.Уилфридом, Я.Хемери, Н.Р.Юсупбековым, Х.Х.Усманходжаевым, Р.Г.Махкамовым, З.С.Салимовым, С.С.Негматовым, А.А.Артиковым, А.А.Ризаевым, Г.А.Бахадировым, Х.Нурмухамедовым, Ш.М.Гулямовым, П.М.Турсунходжаевым, Ж.П.Мухитдиновым, К.О.Додаевым, Ж.Курбоновым и др.

В результате исследований в области создания машин и технологии для сепарирования и фракционирования зерновых культур создано более 100 тысяч машин и оборудования с различной производительностью и мощностью. Механизация процесса позволила повысить в 8-10 раз производительность труда, сократить в 1,5-2 раза расходы на переработку, поручить муку и семена высшего качества. Результаты исследований А.В.Фоминых, Н.Ф.Васильева, А.В.Зильбернагеля, Н.Н.Ульриха и др. свидетельствуют о том, что среди машин для очистки зерна наиболее активно используются ситочные машины с меньшим расходом энергии. Использование в ситочных машинах вибрационных передач позволило в несколько (5-10) раз уменьшить амплитуду, а также несколько раз увеличить ускорение и частоту колебаний. В исследованиях В.Н.Макарова, В.И.Телегина, И.Ф.Пикуза, Г.Ф.Ханхасаева, А.Ф.Бутенко и др. выдвинута и подтверждена гипотеза о том, что при скорости движения ленты под

определенным углом до 14 м/с в ленточных машинах очистки зерна траектория летящего зерна состоит из параболы. Отмечено, что при этом зерно в зависимости от своих аэродинамических показателей размеров и сравнительной массы улетает на различные расстояния. Также подтверждена возможность увеличения с помощью денточных машин уровня очистки зерна на 4-20%. Разработанная в результате научных поисков Н.И.Косилова, А.А.Кукибина и др. исследователей пневмо-инерционная машина рекомендована для использования в процессе первичной очистки зерновых культур.

Сепарация зерновых культур по необходимым признакам является сложным процессом, который зависит от следующих этапов: относительное перемещение зерновой смеси по поверхности встряхивающей полки; самосортирование-прохождение зерна по поверхности встряхивающей полки к поверхности нижней полки; отбрасывание зерна при помощи центробежных сил на определенные секции поверхности решета. Усовершенствование машин и технологические процессы для сепарирования и фракционирования относительно по массам зерновых культур, учитывая взаимосвязь выше изложенных этапов, имеет научно-практическую ценность и весьма актуально.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего учебного учреждения, где выполняется диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ прикладных и инновационных проектов Ташкентского химико-технологического института ИТД-5-065. «Разработка ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий для производства химических и пищевых продуктов» (2005-2012 гг.) и Гулистанского Государственного университета АЗ-46 «Расчет эффективности приборов очистки и фракционирования зерна и совершенствование их проектирования» (2015-2017 гг.), а также ИОТ-2014-2-31 «Внедрение в производство технологий очистки от примесей и фракционирования зерна по массе» (2013-2014 гг.)

**Целью исследования** является создание технологической машины для сепарирования и фракционирования зерновых культур по массам и обоснование её технологических, кинематических и конструктивных параметров.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

изучение в разрезе территорий физико-механических свойств местных сортов зерна для создания новой серии машин для сепарирования и фракционирования;

изучение и анализ технологического процесса сепарирования и фракционирования зерна по массе;

составление уравнения движения зерна по поверхности перфорированных полок;

определение скорости воздушного потока и выбор вентилятора для очистки зерна от легких примесей;

составление уравнения движения зерна по поверхности нижней встряхивающей полки для очистки от крупных примесей;

составление уравнения движения зерна по поверхности питающего валика камеры фракционирования;

создание комбинированного сепаратора для очистки от других примесей и фракционирования зерна по массе, определение его кинематических и технологических параметров;

проведение промышленного испытания, внедрение в практику и определение экономической эффективности комбинированного сепаратора для очистки от других примесей и фракционирования зерна по массе.

**Объектом исследования** является технологическая машина сепарирования и фракционирования зерновых культур.

**Предмет исследования:** закономерности процессов, протекающих в технологической машине для сепарирования и фракционирования зерновых культур, их взаимосвязанные кинематические и технологические показатели.

**Методы исследований.** В диссертационной работе применены физико-химические, физико-механические, кинематические, динамические и методы планирования экспериментов, также методы математической статистики.

**Научная новизна исследования** заключается следующем:

в разрезе территорий определены физико-механические свойства местных сортов зерна;

определены взаимосвязанные особенности параметров процессов сепарирования и фракционирования зерновых культур;

создано уравнение движения зерна по поверхности питающего валика фракционной камеры с учетом сопротивления воздуха на поврежденность зерна по продольному разрезу;

определены кинематические и технологические параметры комбинированного сепаратора с учетом физико-механических особенностей местных сортов зерна;

создана технологическая машина-комбинированный сепаратор для очистки от различных примесей и фракционирования зерновых культур по массе с производительностью 7,5 т/ч, с габаритными размерами: -  $l=4500$  мм,  $h=2000$  мм,  $b=500$  мм.

**Практические результаты исследования:**

разработана математическая модель и составлено уравнение движения зерна по поверхности перфорированных полок с учетом воздушного потока;

разработана математическая модель и составлено уравнение движения зерна по поверхности нижней встряхивающей полки для очистки от крупных примесей в сепарационной камере с учетом воздушного потока;

определена скорость воздушного потока и выбран вентилятор для очистки зерна от легких примесей в сепарационной камере;

разработана конструкторская и техническая документация комбинированного сепаратора, занимающего в четыре раза меньше производственной площади.

**Достоверность полученных результатов** обосновывается наличием адекватных математических моделей и алгоритмов расчета, соответствием теоретических параметров и результатов испытания комбинированного сепаратора.

**Теоретическая и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования определяется созданием новой технологии и машины сепарирования и фракционирования зерновых культур, разработкой методов расчета движения зерна по наклонным полкам с питающим валиком.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что была разработана новая конструкция машины для сепарирования и фракционирования зерна, в которой объединены камеры сепарирования и фракционирования зерна, что позволяет повысить производительность аппарата и качество очистки зерна от различных примесей, также обеспечивает фракционирование зерна по массе, исключении его повреждений, уменьшение материалоемкости и потребления электроэнергии; кроме того машина занимает меньше производственной площади.

**Внедрение результатов исследования.** Комбинированный сепаратор очистки и фракционирования зерна прошел производственное испытание и внедрен на предприятиях по переработке зерна Акционерной компании «Уздонмахсулот» (справка от 22 марта 2016 г. № 11-2-8/4299 АК «Уздонмахсулот»). В результате создается компактная технологическая линия предприятия, уменьшается энергопотребление, достигается: выбор технологических режимов мельниц для каждой фракции; обеспечивается производство качественной муки и мучных изделий из местных сортов зерна.

**Апробация работы.** Результаты исследования изложены в виде докладов и апробированы на около 30 международных и республиканских научно-технических конференциях, в частности: «Озиқ-овқат хавфсизлиги» (Тошкент, 2005, 2006, 2010); «Современные проблемы механики» (Тошкент, 2009); «Маҳаллий хом ашё ва маҳсулотларни қайта ишлаш технологияси» (Тошкент, 2009); «Кон-металлургия соҳасининг замонавий техника ва технологиялари ҳамда уларни ривожлантириш йўллари» (Навоий, 2010); «Прикладные задачи математики и механики» (Севастополь, 2010); «Кимёвий технология бўйича Марказий Осиё худудий анжумани» (Москва, 2012); «Машиностроение и техносфера XXI века» (Донецк, 2014, 2015); «Қишлоқ хўжалигида тадқиқот натижаларининг қўлланиши» (Гулистон, 2013); II Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию со дня рождения Ш.М.Айтиалиева (Алматы, 2015); «Инновации в технологиях и образовании» (Белово, 2015); «Наука, техника и инновационные технологии в эпоху могущества и счастья» (Ашгабад, 2015); «Автоматизация: проблемы, идеи, решения» (Севастополь, 2015); «Инновационные технологии и экономика в машиностроении» (Томск, 2015); «Innovative manufacturing engineering international conference» (Romania, 2015); «Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энэрготежамкор ва инновацион ечимлари» (Фарғона, 2016).

Диссертационная работа обсуждена на объединенном семинаре кафедр факультета «Технология пищевых продуктов» Ташкентского химико-технологического института (2015). Научном семинаре при ученом совете ТКТИ 16.07.2013.Т.08.01 (2016).

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы всего 44 научных работ. Из них 17 научных статей, в том числе 11 в республиканских и 6 в зарубежных журналах рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 200 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние и тенденции развития технологических машин для сепарирования и фракционирования зерновых культур»** проанализированы состояние и тенденции развития существующих технологических машин и условий их эксплуатации при сепарировании и фракционировании зерна.

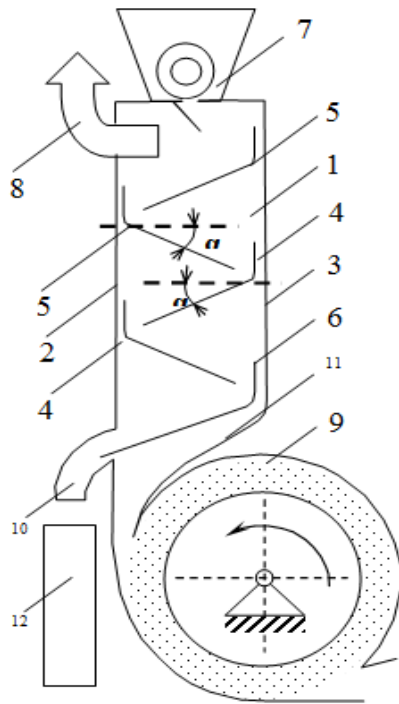
Изучены особенности технологических машин на сепарирования и фракционировании зерна.

Определены основные факторы, влияющие на технологические показатели машин при сепарировании и фракционировании зерновых культур. Исследованы способы просеивания и их характеристики. Определено влияние рабочих органов технологических машин на прочностные свойства и механические повреждения зерновых культур.

На основе критического анализа литературных источников, изучения современного состояния технологического процесса и машин определено, что наиболее перспективным направлением при создании зерноочистительных машин в настоящее время является поиск универсального, простого, многофункционального оборудования для сепарирования и фракционирования зерновых культур.

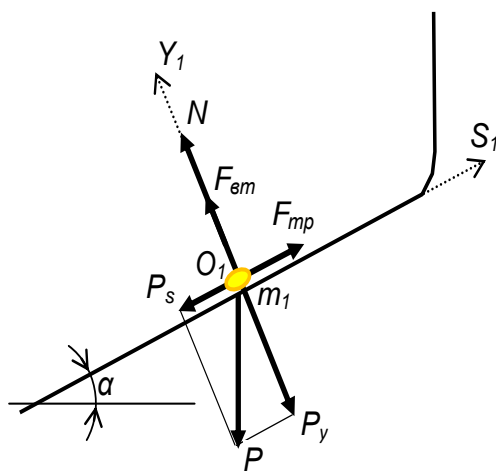
Во второй главе диссертации **«Теоретические исследования параметров и режимов технологических машин для сепарирования и фракционирования зерновых культур»** приведены результаты исследований по совершенствованию технологической машины и процесса сепарирования и фракционирования зерна. С целью полной очистки местных сортов зерна от примесей и разделения их на фракции по массе, с учетом физико-химических, аэродинамических и механических свойств зерна, нами предлагается новая двухэтапная комбинированная машина для сепарации и фракционирования зерна.

На первом этапе осуществляется первоначальная очистка в аэродинамической камере сепарации, где удаляются примеси не превышающие массу зерна. Камера сепарации 1 предлагаемой машины сепарации и фракционирования зерна (рис. 1) содержит боковые стенки 2 и 3, установленные с воздуховодами аспирации 4 наклонные перфорированные встряхивающие полки 5, 6, загрузочное устройство 7, канал 8 для предварительной аспирации и питающий валик 9.



**Рис.1. Питающее устройство сепаратора зерна**

условия относительного перемещения её по подвижной перфорированной



**Рис. 2. Схема сил, действующих на частицу, находящуюся на наклонной полке**

Наклонные перфорированные встряхивающие полки 5, имеют отверстия перфораций меньше чем размеры зерна, нижняя наклонная встряхивающая полка 6 имеет отверстия перфораций большие, нежели размеры зерна, и установлена выступающей из приемной камеры 1 через выходное окно 10. Нижняя загрузочная полка 11 приемной камеры 1 направлена по касательной к питающему валу 9. Питающее устройство сепаратора зерна снабжено емкостью 12 для сбора крупных тяжелых примесей.

Составлена математическая модель движения зерна по наклонной полке 5. Выполнены теоретические исследования движения зерна по полке 5 для очистки зерна от различных примесей.

Рассмотрено условие абсолютного перемещения зерновой частицы по наклонной неподвижной перфорированной полке 5 (рис. 2), а также проанализированы условия относительного перемещения её по подвижной перфорированной полке. При установке полки под углом  $\alpha$  к горизонту на зерновую частицу действуют следующие силы:  $G$ -сила тяжести зерновой частицы,  $N$ -нормальная реакция поверхности полки,  $F_{тр}$  - силы трения и  $F_{вт}$  - сила втягивания. Для движения частицы необходимый угол наклона полки  $\alpha$  должен быть больше чем угол трения  $\gamma$ , то-есть  $\alpha > \gamma$ . Обозначим силу втягивания, приходящуюся на единицу длины верхней полки, через  $\vec{F}_{вт}^{(I)}$ , массу зерна вместе с примесью на этом участке-через  $m_1$ .

Уравнение движения центра масс выделенного единичного элемента из зерновой смеси в направлении полки имеет вид

$$m_1(s_1)\ddot{s}_1 = m_1(s_1)g\sin\alpha - fF_{вт}^{(I)} + fm_1(s_1)g\cos\alpha \quad (1)$$

где  $f$  -коэффициент трения.

При движении зерновой смеси массой  $m_1$  за счет силы  $\vec{F}_{вт}^{(I)}$  будет убывать; в первом приближении можно предположить, что эта масса

определяется функцией

$$m_1(s_1) = m_1(t) = \frac{1}{a_1 t + b_1}, \quad (2)$$

где постоянные коэффициенты  $a_1$  и  $b_1$  находятся из эксперимента.

Например, в начальный момент времени ( $t=0$ ) масса  $m_1(0) = m_{10}$ , а при сходе её с первой полки при  $t = t_{к1}$  она составит  $m_1(t_{к1}) = m_{1к}$ .

Тогда значения  $a_1$  и  $b_1$  определяются из уравнений  $\frac{1}{b_1} = m_{10}$ ,

$$\frac{1}{a_1 t_{к1} + b_1} = m_{1к}. \text{ Откуда следует, что } b_1 = \frac{1}{m_{10}}, a_1 = \frac{m_{10} - m_{1к}}{m_{10} m_{1к} t_{к1}}.$$

После некоторых преобразований получим закон движения переменной массы  $m_1(t)$  в виде

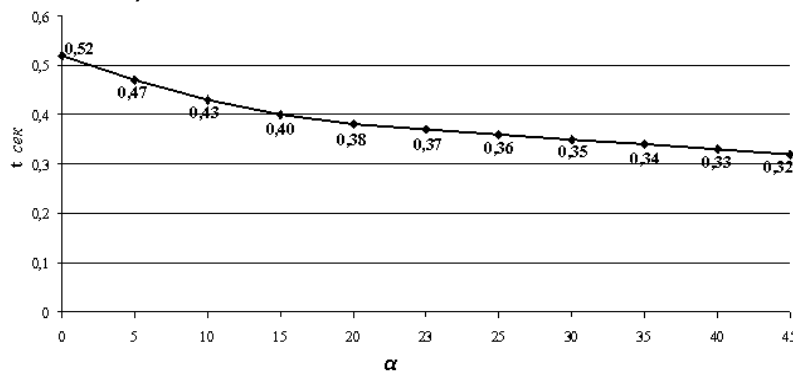
$$s_1(t) = \frac{L_1 t}{t_{к1}} + t(t_{к1} - t) \left\{ \frac{fF_{эм}^{(I)}}{2} \left[ \frac{a_1}{3} (t_{к1} - t) + b_1 \right] - \frac{g \sin \alpha + fg \cos \alpha}{2} \right\}, \quad (3)$$

где

$$L_1 = \frac{1}{2} (g \sin \alpha + fg \cos \alpha) t_{к1}^2 - \left( \frac{a_1}{6} t_{к1}^3 + \frac{b_1}{2} t_{к1}^2 \right) fF_{эм}^{(I)} + c_1 t_{к1}.$$

Закон движения последующих полок определяются аналогично.

Установлено, что время нахождения зерна на полке прямо пропорционально длине и обратно пропорционально углу наклона. На рис. 3 приведен график изменения времени нахождения зерновой смеси на полке в зависимости от угла наклона полки при начальной длине  $L=50$  мм и угле наклона  $\beta = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 23^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$ .



**Рис. 3. График зависимости времени нахождения зерновой смеси на полке от угла наклона полки**

Из графика видно, что с увеличением угла наклона полки скорость падения частиц зерновой смеси растет, а время нахождения зерна на полке уменьшается.

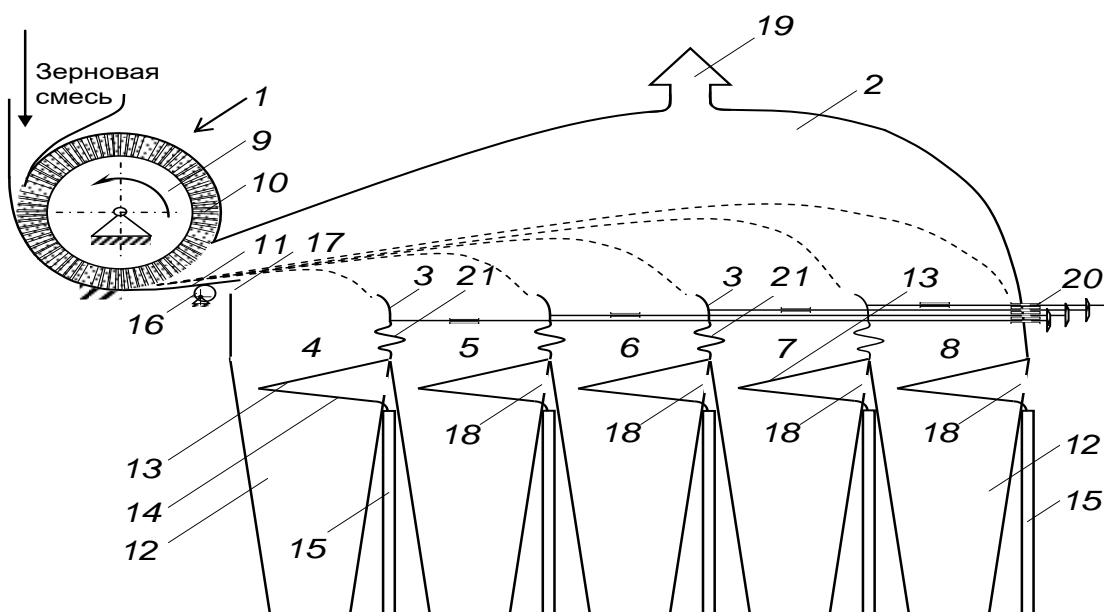
Соответственно, при больших углах наклона полки, частицы зерновой смеси, имеющие наибольшую массу, набирают наибольшую скорость падения, тогда зерновая смесь катится или скользит по поверхности полки. При таком движении зерно очищается от прилипшей пыли и от оболочки.

Также исследовано критическое ускорение нижней полки б с круговым поступательным движением в горизонтальной плоскости. Определена технологическая эффективность очистки зерна от крупных примесей нижней

полкой 6.

На основании теории пневмосепарирования установлено, что с увеличением средней скорости воздушного потока возрастает степень очистки зерна от легких примесей.

На втором этапе в камере фракционирования зерна очищаются от других примесей и разделяются на фракции в зависимости от массы (рис. 4). Камера фракционирования 1 содержит распределитель 2 по ширине камеры, и разделена по длине перемещаемыми перегородками 3 и отсеками 4, 5, 6, 7 и 8, причем распределитель 1 выполнен в виде питающего валика 9, с расположенными на поверхности щетками 10, под которыми с возможностью регулирования угла наклона установлен направляющий лоток 11, а перегородки 3 выполнены с изогнутым верхом, при этом каждый отсек 4, 5, 6, 7 и 8, разделен на два, и в одном из отсеков 12, установлены наклонные сита 13, и лотки 14, а другой 15, расположены с возможностью взаимодействия с лотком 14. Камера фракционирования 1 имеет входные 17, 18 и выходной 19 каналы аспирации с заслонками. Размеры отверстий наклонных сит 13, перегороденных отсеков 4, 5, 6, 7 и 8, меньше, чем размеры зерен, попадающих в эти отсеки.



**Рис. 4. Камера фракционирования зерна**

Одним из основных механизмов новой двухэтапной комбинированной машины для сепарации и фракционирования зерна являются питающий валик 1 и направляющей лоток 11, которые в свою очередь определяют дальнейший технологический процесс работы машины, то-есть очистки и фракционирования зерна по массе. При вылете из питающего валика зерновая смесь будет иметь одинаковую начальную скорость  $V_0$ , вектор которой лежит на плоскости  $Oxy$  и направлен под некоторым углом  $\beta$  к оси  $Ox$  (рис. 5). Направляющий лоток 11 установлен с возможностью регули-

рования угла наклона в пределах:  $\beta = 0^\circ \div 45^\circ$ . Специальный механизм регулирования угла наклона 16 направляющего лотка 11 позволяет его установить на требуемую величину (рис. 4).

При полете на движение частиц действуют сила тяжести  $m_i g$ , где  $m_i$  - масса  $i$ - частицы,  $g$  - ускорение свободного падения и  $k\dot{x}$  - сопротивление воздуха, пропорциональное первой степени скорости.

Уравнение движения  $i$ - ой частицы в проекции на ось  $OY$  имеет вид

$$m_i \ddot{y} = -m_i g - k\dot{y} - F \sin \beta \quad (4)$$

После некоторых преобразований при  $\dot{y} = 0$  имеет место  $y = h$ , т.е., определим максимальную высоту, на которую поднимется частица массой  $m_i$  ( $i = 1, n$ ),

$$h = \frac{m_i}{k} v_0 \sin \beta - \frac{m_i^2 g}{k^2} \ln \left( \frac{V_0 \sin \beta + \frac{m_i g}{k}}{\frac{m_i g}{k}} \right). \quad (5)$$

Уравнение движения произвольной частицы массой  $m_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) в проекции на ось  $Ox$  имеет вид

$$\ddot{x} = -\frac{k}{m_i} \dot{x}. \quad (6)$$

После преобразований определим расстояние от начала координат до точки, когда частица массой  $m_i$  поднимется на максимальную высоту  $h$  (рис. 5)

$$s = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\beta}{\frac{2k}{m_i} (V_0 \cdot \sin \beta + \frac{m_i \cdot g}{k})} + R, \quad (7)$$

где  $R$ - радиус барабана.

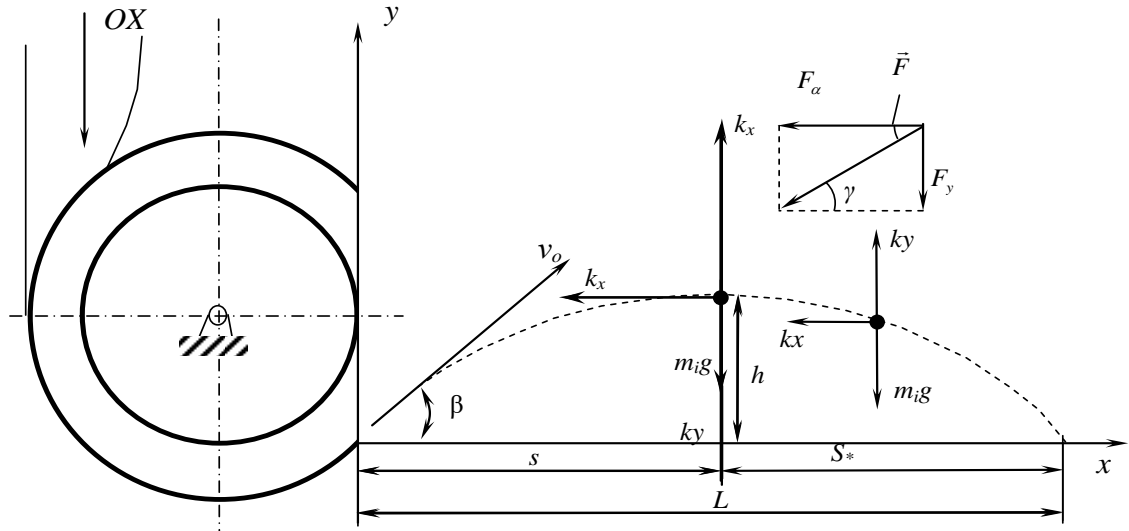
После того, как частица массой  $m_i$  достигла максимальной высоты  $h$ , начнется её снижение, и вектор  $k\dot{y}$  будет направлен вверх параллельно оси  $OY$ . Для упрощения функциональных зависимостей начнем отсчет времени опять с  $t = 0$ . Дифференциальное уравнение движения частицы в проекции на ось  $OY$  запишем в виде (рис. 5)

$$m_i \ddot{y} = -m_i g + k\dot{y} - F \sin \gamma. \quad (8)$$

Откуда

$$y(t) = h + \frac{m_i g}{k} t + \frac{m_i^2 g}{k^2} (1 - e^{\frac{k}{m_i} t}), \quad (9)$$

где можно определить значение  $t = t_*$ , когда  $y = 0$ , соответствующей максимальной длине полета частицы массой  $m_i$ , отсчитываемая вдоль оси  $Ox$ .



**Рис. 5. Схема динамической нагруженности комбинированного сепаратора**

Закон движения частицы массой  $m_i$  в проекции на ось  $OX$  определяется из уравнения

$$m_i \ddot{x} = -k\dot{x} \quad (10)$$

Откуда

$$x(t) = -\frac{V_0 m_i^2 \cos \beta}{k^2 (V_0 \sin \beta + \frac{m_i g}{k})} (1 - e^{-\frac{k}{m_i} t}).$$

При подстановке  $t = t_*$  на основании (9) определяем длину полета частицы массой  $m_i$  вдоль оси  $OX$ ,

$$S_* = \frac{V_0 m_i^2 g \sin \beta}{k^2 (V_0 \sin \beta + \frac{m_i g}{k})} (1 - e^{-\frac{k}{m_i} t_*}),$$

Общая длина полета с учетом ранее полученных результатов вдоль оси  $OX$  составит

$$L = S + S_* = \frac{m_i V_0}{k (V_0 \sin \beta + \frac{m_i g}{k})} \left[ \frac{V_0}{2} \sin 2\beta + \frac{m_i g}{k} (1 - e^{-\frac{k}{m_i} t_*}) \sin \beta \right] + Rz. \quad (11)$$

Формула (11) служит для выбора рациональных геометрических параметров комбинированного сепаратора.

Когда сопротивление воздуха пропорционально квадрату скорости т.е.  $\vec{R} = k\vec{v}^2$ , уравнение движения  $i$ -ой частицы имеет вид

$$m_i \ddot{y} = -m_i g - k_i \dot{y}^2 - F \sin \gamma, \quad (12)$$

где  $\vec{F}$  - сила сопротивления встречного потока, наклоненная к горизонту под углом  $\gamma$  на участке до подъема на максимальную высоту  $h$ .

Здесь для каждой частицы (или отдельных фракций, состоящих из частиц примерно одинаковой массы  $m_i$ ) принят коэффициент пропорциональности  $k$  равным  $k_i$  (рис. 5).

После некоторых преобразований формулы (12) находим зависимость

$$y = \frac{m_i}{2k_i} \left[ \ln\left(1 + \frac{k_i V_0^2 \sin^2 \beta}{m_i g}\right) + \ln \frac{\left(1 + \sqrt{\frac{k_i}{m_i g}} V_0 \sin \beta \operatorname{tg} \sqrt{\frac{k_i g}{m_i}} t\right)^2}{1 + \operatorname{tg}^2 \sqrt{\frac{k_i g}{m_i}} t + \frac{k_i V_0^2 \sin^2 \beta}{m_i g} \left(1 + \operatorname{tg}^2 \sqrt{\frac{k_i g}{m_i}} t\right)} \right] \quad (13)$$

Из (13) определяется максимальная высота  $h$ , на которую может подняться частица массой  $m_i$ . В этом случае при  $\dot{y} = 0$  имеем

$$h = \frac{m_i}{2k_i} \ln \left( 1 + \frac{k_i V_0^2 \sin^2 \beta}{m_i g} \right). \quad (14)$$

Теперь составим уравнение движения частицы массой  $m_i$  в проекции на ось  $OX$

$$\ddot{x} = - \frac{k_i}{m_i} \dot{x}^2. \quad (15)$$

Используя некоторые преобразования при  $t = t_*$ , когда  $\dot{y} = 0$ , получим выражение для определения длины полета частицы массы  $m_i$  вдоль оси  $OX$  до максимального подъема ее на высоту  $y = h$

$$S = \frac{m_i}{k_i} \ln \left( 1 + \frac{k_i t_* V_0 \cos \beta}{m_i} \right). \quad (16)$$

Перенесем начало координат в точку  $X = S$  и начало отсчета времени в область снижения частицы массой  $m_i$ . В этом случае вектор сопротивления в проекции на ось  $OY$  сменится на противоположное направление (рис. 5). Дифференциальное уравнение (12) при  $F = 0$  запишется следующим образом:

$$m_i \ddot{y} = m_i g + k_i \dot{y}^2, \quad (17)$$

Используя условие  $t = 0, y = h$  получим

$$y = h + \sqrt{\frac{m_i g}{k_i}} t - \frac{m_i}{k_i} \ln \frac{e^{2 \cdot \sqrt{\frac{k_i g}{m_i}} t} + 1}{2}. \quad (18)$$

Из этой формулы можно найти время  $t_K$ , при котором  $y = 0$  в конце снижения частицы массой  $m_i$  при  $h = 0$ . При  $t = t_K$  по оси  $OX$  определяется длина полета частицы массой  $m_i$ ,

$$S_* = \frac{m_i}{k_i} \ln\left(\frac{k_i}{m_i} V_0 \cos \beta \cdot e^{-\frac{k_i s}{m_i} t_K} + 1\right). \quad (19)$$

Общая длина полета этой частицы вдоль оси  $Ox$  составит

$$L = S + S_*. \quad (20)$$

В третьей главе диссертации «**Методика экспериментальных исследований и определение конструктивных параметров рабочих органов камеры сепарации**» определяется круг задач экспериментальных исследований параметров рабочих органов двухэтапной комбинированной машины для сепарации и фракционирования зерна. Приведены методики экспериментальных исследований определения механических характеристик местных сортов зерна. Исследования проводились на универсальной машине Zwick на единичных зернах, под действием статической нагрузки на сжатие, для определения допустимых усилий (при которых в структуре зерновки начинают появляться микротрещины), пределов прочности. Испытание проводили на зернах с различной влажностью. По результатам проведенных экспериментов на сжатие единичных зерен построены диаграммы деформации сжатия.

С учетом физико-механических характеристик местных сортов зерна для создания равномерной скорости его течения экспериментально определены конструктивные параметры наклонной полки (ширина 500 мм и длина 400 мм); угол наклона полок ( $\alpha = 23^\circ$ ).

На боковые стенки новой двухэтапной комбинированной машины для сепарации и фракционирования зерна в шахматном порядке закреплены пять наклонных полок. Зерновая смесь движется самотеком в шахматном порядке от полки к следующей полке, ударяясь об их стенки. При ударе от зерна отделяются прилипшие примеси. Запыленный воздух и примеси, не превышающие массу зерна, всасываются воздухом при скорости  $v \leq 7 \text{ м/с}$ , которая была определена в лабораторных условиях. При этом обеспечивается качественное удаление запыленного воздуха и примесей, не превышающих массу зерна через аспирационный канал. Для аспирационного канала камеры сепарации определен расход воздуха  $Q_a$  и выбран вентилятор с расходом  $Q_a = 630 \text{ м}^3/\text{ч}$  при ширине  $B=0,05 \text{ м}$ , длине  $L=0,5 \text{ м}$  аспирационного канала и скорости воздушного потока  $v = 7 \text{ м/с}$  (рис.6).

Ширина нижней встряхивающей полки должна быть равной ширине верхних наклонных полок. Длина нижней полки выполнена большей нежели длина верхней наклонной полки-для обеспечения выхода крупных примесей.

В новой двухэтапной комбинированной машине для сепарации и фракционирования зерна нижняя встряхивающая наклонная полка установлена под углом  $\alpha$ . Угол  $\alpha$  меньше угла трения, а зерно перемещается вследствие колебания полки, которую изготавливают, как правило, из оцинкованной листовой стали толщиной 0,8...1,0 мм. Отверстия в ней имеют круглую форму. Чтобы очистить зерно от крупных примесей,

диаметр отверстий сита должен быть больше от диаметра зерна, то-есть 7 мм. Установлено, что оптимальное ускорение нижней встряхивающей полки с круглыми отверстиями рекомендуется принимать 9-12 м/с<sup>2</sup>. Значение  $g$ , определяющее амплитуду колебания полки, равно 5-6 мм.

Диаметр питающего валика определен экспериментальным путем, он равен  $d_6=350$  мм, ширина питающего валика равна ширине камеры сепарации  $L=500$  мм. Учитывая расположение направляющего лотка под питающим валиком, ширина направляющего лотка будет равна ширине питающего валика.



**Рис. 6. Промышленная установка комбинированного сепаратора**

С увеличением частоты вращения питающего валика (от 250 до 450 об/мин) и угла наклона направляющего лотка (пределах от  $0$  до  $45^\circ$ ) высота подъема и расстояние пролета зерновой смеси увеличиваются, а также улучшается качество фракционирования зерна по массе.

Крупные зерна, (т.е. семенные зерна или другие возможные примеси), пролетев большое расстояние, попадают в самый дальний отсек камеры фракционирования. Мелкие зерна, имеющие меньшую массу (продовольственные зерна или другие возможные примеси), чем семенные, пролетают в соответствии с их массой меньшее расстояние и входят в определенный отсек.

Проведены экспериментальные исследования процесса полной очистки зерновой смеси от различных примесей и по определению фракционирования зерна при различной частоте вращения питающего валика (250, 300, 350, 400 и 450 об/мин) и угла наклона направляющего лотка ( $15^\circ$ ,  $30^\circ$  и  $45^\circ$ ) при производительности 7,5 т/ч.

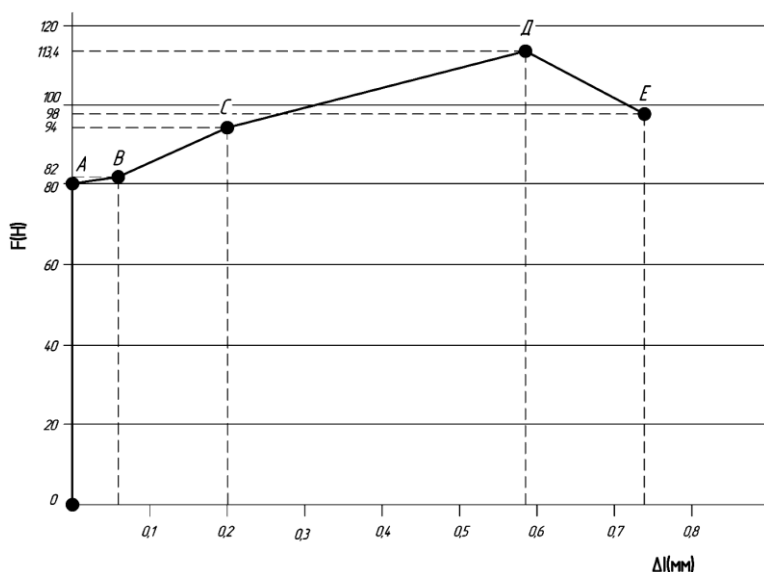
Теоретически определены и экспериментально подтверждены

рациональные конструктивные и технологические параметры новой машины для сепарации и фракционирования зерна.

В четвертой главе диссертации «**Результаты экспериментальных исследований по определению конструктивных параметров рабочих органов камеры фракционирования**» приведены результаты экспериментальных исследований по определению структурно-механических характеристик и параметров процесса очистки и фракционирования местных сортов зерна.

Исследование структурно-механических свойств местных сортов зерна имеет теоретическое и практическое значение. Знание структурно-механические свойства местных сортов зерна и механизм их деформирования позволяет совершенствовать существующие и создать новое оборудование для их очистки и фракционирования. Проведенные исследования позволили определить усилия, необходимые для разрушения отдельных зерен местных сортов при статическом и динамическом сжатиях на испытательной машине «ZWICK-1445». Построены и проанализированы диаграммы сжатия зерна с влажностью 11% в положении «бочёк-бочек».

Первый участок диаграммы усилий (отрезок «0-А») представляет собой прямую линию с малым углом наклона, деформация происходит прямо пропорционально увеличению нагрузки. На данном этапе нагружения зерновка сохраняет свои упругие свойства (рис. 7).



**Рис. 7. Диаграмма сжатия зерна**

Участок «А-В» диаграммы соответствует условной текучести, т. е. увеличению деформации при постоянной нагрузке. При этом на поверхности зерновки происходит распределение сжимающей силы по площади, что вызывает заполнение пустот в структуре между слоями оболочек. Визуально оценить состояние зерновки в этот момент после снятия нагрузки затруднительно.

Стекловидность зерна в целом не нарушена, лишь при 15-20-ти кратном увеличении на поверхности зерна в месте контакта с подвижным штоком имеется незначительная вмятина размером примерно 0,3x0,2мм.

На участке «В-С», соответствующем дальнейшему увеличению нагрузки, в виде прямой линии, с большим углом наклона, чем на первом участке зерновка, образуется пластическая деформации. При снятии нагрузки на данном участке ближе к точке «С» в структуре зерновки визуально на просвет можно наблюдать появление внутренних трещин поперёк зерновки.

Величина остаточной деформации составляет 0,2 мм.

Следующий участок «С-Д» диаграммы усилий соответствует ярко выраженной текучести. Величина остаточной деформации после снятия нагрузки составила от 0,3 до 0,59 мм.

На участке «Д-Е» в значительной степени преобладает образование пластической деформации, сопровождающееся разрушением оболочек и в целом зерна.

Величина допускаемой нагрузки, не вызывающей значительных изменений в структуре местного сорта зерна с влажностью 11%, в положении «бочёк-бочёк» составляет 128,5 Н, в положении «стоя» - 75,2 Н.

В табл.1 приведены результаты исследований по определению влажности местных сортов зерна на их прочностные характеристики.

Установлено, при увеличении влажности уменьшаются разрушающие усилия, а величина деформации возрастает, но само разрушение происходит при более высоких нагрузках.

**Таблица 1.**

**Разрушающее усилие и абсолютная деформация различных зёрен местного сорта при различной влажности**

№	Наименование зерна	Влажность, %	Разрушающее усилие, Н.	Абсолютные деформации мм.	Влажность, %	Разрушающее усилие, Н.	Абсолютные деформации, мм.	Влажность, %	Разрушающее усилие, Н.	Абсолютные деформации, мм.
1	Чиллаки (Андижанская обл.)	9	142,7	0,1...0,22	12	117,5	0,2...0,37	16	97,8	0,3...0,59
2	Бобур (Сырдарьинская обл.)	8	153,2		11	128,5		15	107,8	
3	Нота (Ташкентская обл.)	8	136,4		11	113,4		15	95,2	

В процессе экспериментальных исследований изучали образование микрповреждений зерна щетками питающего валика и за счет свободного падения на поверхности полков в зависимости от нескольких факторов. В результате теоретических исследований взаимодействия зерновки с поверхностью выявлено, что на микрповреждение зерна влияние оказывает скорость его полета.

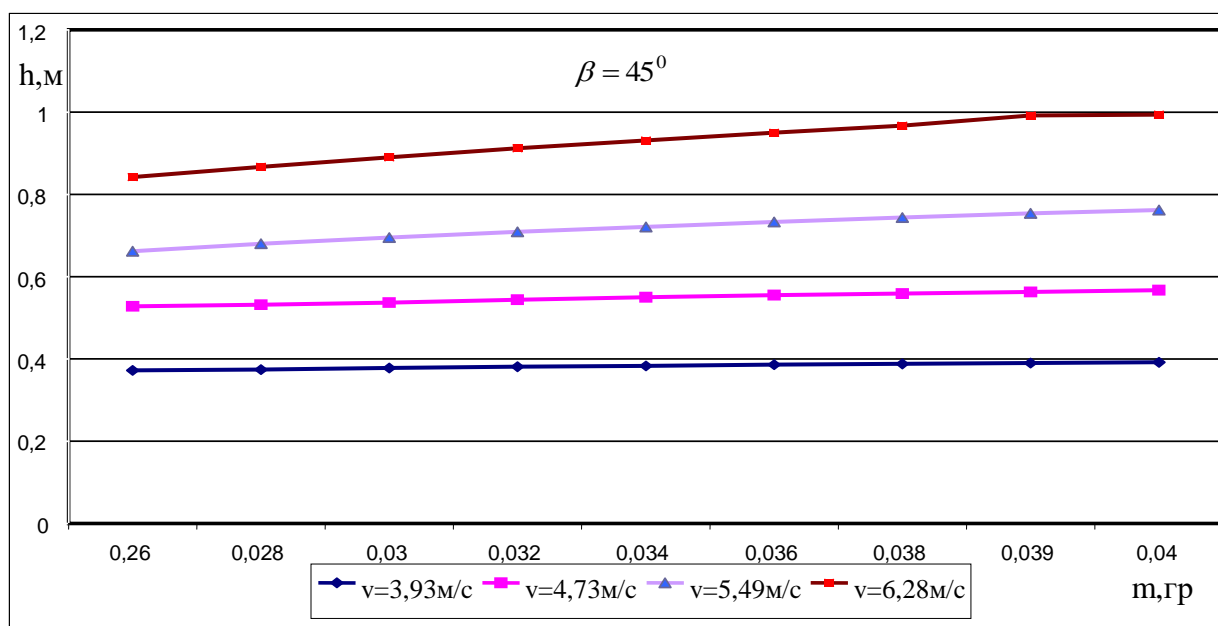
В результате теоретических и экспериментальных исследований установлено, что для движения зерновой смеси по поверхности наклонной перфорированной полки самотеком, угол наклона перфорированной полки должен быть не менее  $23^\circ$ , а диаметр перфораций не более 3,5 мм.

При вылете из питающего валика зерновая смесь будет иметь одинаковую начальную скорость  $V_0$ , вектор которой лежит на плоскости  $Oxy$  и направлен под некоторым углом  $\beta$  к оси  $Ox$ .

Зерновая смесь, вылетая из питающего валика по определенной

траектории, соответствующей массе, разделяется по всей длине камеры фракционирования. Длина и высота камеры фракционирования зависят от режима работы питающего валика и угла наклона направляющего лотка. При рациональной частоте вращения питающего валика, ( $n_0 = 450 \text{ об/мин}$ ), и угла наклона направляющего лотка ( $\alpha = 45^\circ$ ), на основании теоретических исследований доказано, что у машины для сепарации и фракционирования длина камеры фракционирования должна быть  $L=5000 \text{ мм}$ , ширина  $B=500 \text{ мм}$ , высота  $h=1200 \text{ мм}$ . Также конструктивно доказано, что для полной очистки и разделения зерен на фракции и их сбора в определенные отсеки расстояние между отсеками должно быть  $100 \text{ мм}$ , а длина полок  $200 \text{ мм}$ , ширина полок равна ширине камеры фракционирования. Угол наклона полок каждого отсека с возможностью регулирования в пределах  $\beta=0\dots24^\circ$  позволяет выбрать рациональные значения в зависимости от обрабатываемой зерновой смеси. Таким образом, обеспечивается разделение исходной смеси на фракции по массам.

По результатам экспериментальных данных для принятых геометрических параметров построены графические зависимости длины полета и высоты подъема местного сорта зерна в зависимости от массы и скорости полета зерна, а также угла наклона направляющего лотка (рис. 8, рис 9).



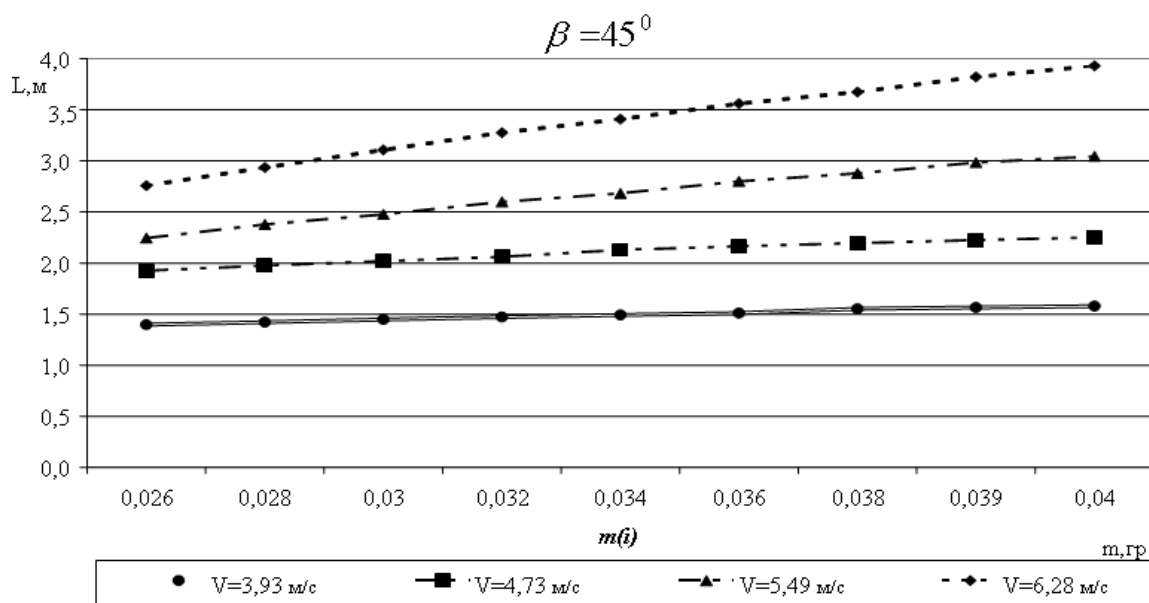
**Рис. 8. Диаграммы зависимости высоты подъема местного сорта зерна от массы**

Определено, что при угле наклона направляющего лотка  $\alpha = 45^\circ$ , частоте вращения питающего валика  $250 \text{ об/мин}$ , длина полета зерна составит до  $1,8 \text{ м}$ , а высота подъема до  $0,4 \text{ м}$ , при частоте вращения  $450 \text{ об/мин}$  длина полета зерна составит до  $4 \text{ м}$ , а высота подъема до  $1,0 \text{ м}$ . Также из графика видно, что высота подъема частиц зерновой смеси

увеличивается пропорционально увеличению массы частиц зерновой смеси. Соответственно частицы, имеющие наибольшую массу, поднимаются на наибольшую высоту и пролетают на максимальное расстояние.

Результаты экспериментальных данных не отличаются от теоретических значений более чем на 5%.

В процессе предварительных и лабораторных исследований комбинированного сепаратора возникла необходимость проверки работы аппарата в промышленных условиях. Основной целью промышленных исследований является определение режимов работы аппарата удовлетворяющих технологическим требованиям отраслевого стандарта. Основным критерием технологической оценки работы комбинированного сепаратора является полная очистка и фракционирование зерна по массам в процессе обработки. В ходе исследований необходимо также убедиться в достоверности теоретических закономерностей, влияющих на полную очистку от различных примесей и фракционирование по массе зерна при обработке на машине для сепарации и фракционирования в производственных условиях.



**Рис. 9. Диаграмма зависимости длины полета местного сорта зерна от массы**

Определяли качество семенных зерен после обработки на машине сепарации и фракционирования, то-есть полной очистки от различных примесей и фракционирования зерна по массе. Зерна большой массы имеют высокие семенные качества.

В результате определения всхожести зерна, обработанного экспериментальным комбинированным сепаратором и серийным ЗМ-60, стало известно, что (при частоте вращения питающего валика экспериментального аппарата не более 450 об/мин, при угле наклона направляющего лотка  $\alpha = 45^\circ$ ) всхожесть зерна выше на 6-7 %, чем зерна,

обработанного на ЗМ-60. В качестве критерия оценки массы зерна использовали показатель массы 1000 семян.

Результаты экспериментальных исследований при различных режимах работы машины для сепарации и фракционирования зерна приведены в табл.2.

По полученным результатам можно судить о характере изменения массы семян по длине камеры фракционирования. Видно, что с увеличением частоты вращения питающего валика происходит выделение фракций зерна с наибольшей массой непосредственно на первом участке. Следует также отметить, что выделенные фракции зерна на первом участке не содержат примесей и сорняков.

Одним из основных критериев агротехнической оценки качества фракций зерна при разделении или очистке является степень повреждения. Поскольку исследования проводились в лабораторных условиях, для каждой из полученных фракций определяли степень микроповреждения по известной методике.

Анализ результатов показал, что макроповреждения фракционированного зерна по длине камеры фракционирования не происходит. Наличие на поверхности питающего валика щеток обеспечивает плавный захват зерновой смеси. Зерновая смесь, набирая соответствующую скорость, от вращательного движения питающего валика пролетает по определенной траектории на расстояние до 4 метров и высоты 1 метра, далее соответственно их массе разделяются по всей длине камеры на фракции.

**Таблица 2**

**Зависимость изменения массы 1000 семян по длине камеры фракционирования от частоты вращения питающего валика при  $\alpha = 45^\circ$**

№	Частота вращения питающего валика, об/мин.	Участки и длина камеры фракционирования, в метрах								
		9	8	7	6	5	4	3	2	1
		0,3-1,3	1,3-1,7	1,7-2,1	2,1-2,5	2,5-2,9	2,9-3,3	3,3-3,7	3,7-4	4-4,5
1	450	20,7	23,8	27,3	29,4	32,1	34,8	36,7	39,2	41,4
2	400	22,5	26	29,1	31,6	34,8	37,2	38,7	40,3	
3	300	25,2	29,5	32,2	34,3	36,9	38,4	39,8		
4	250	27,4	30,8	33,3	36,2	37,7	39,4			

Максимальная сила, действующая на каждое зерно при соударении с поверхностью полки, в принятых технических характеристиках машины для сепарации и фракционирования, прямо пропорциональна его скорости движения, массе и равняется  $F = 15 N$ . Повреждение местных сортов зерна имеет место при нагрузках более 80 Н.

Существенным преимуществом использования машины для сепарации и фракционирования является также то, что при обработке влажной зерновой

смеси снижается влага зерна, содержащаяся в поверхностном слое оболочек, снижается до 3%.

Учитывая результаты теоретических и экспериментальных исследований, создан промышленный образец машины для сепарации и фракционирования зерна по массе (рис.10), внедрений в производстве.

В пятой главе диссертации «Технико-экономическое обоснование разработанной новой машины для сепарации и фракционирования зерна» приведены технико-экономические показатели предлагаемой машины по сравнению с серийной установкой, а также указан получаемый на предприятии годовой эффект в виде чистого дисконтированного дохода.

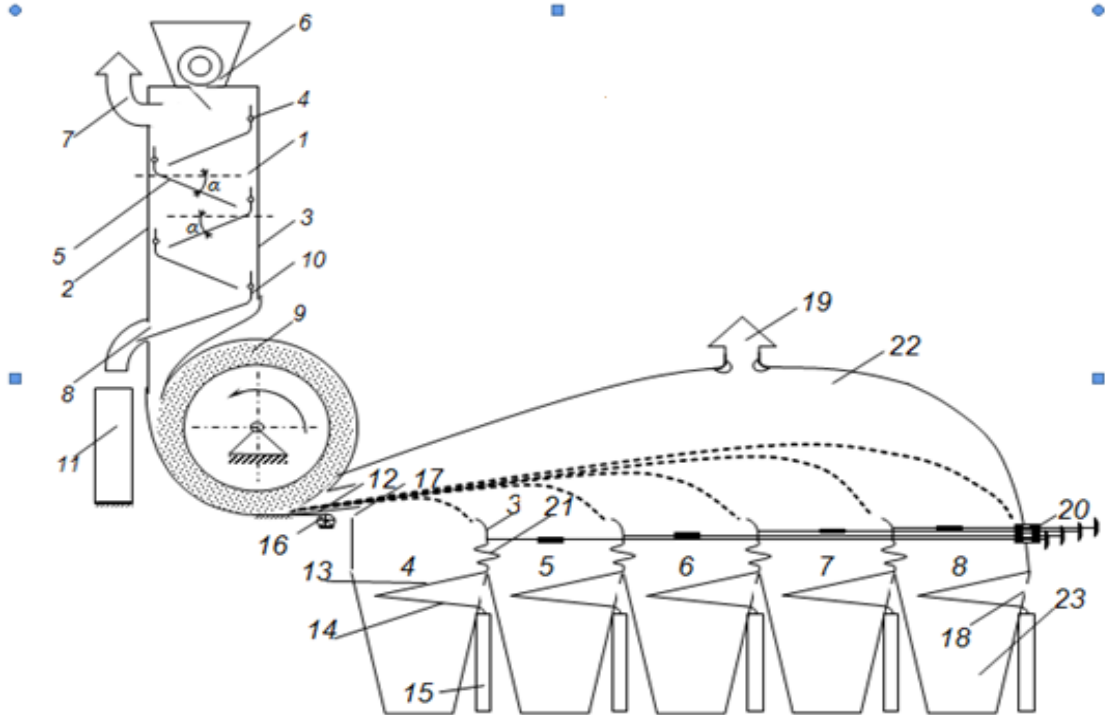
Результаты расчета экономической эффективности и сравнительные данные применяемых и предлагаемой машин приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Сводные показатели экономической эффективности использования машины для сепарации и фракционирования зерна

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Варианты	
			Сепаратор Бис и др.	Эксперимент.
1	2	3	4	5
1.	Балансовая стоимость одной машины (А1 Бие-12; РЗБКТ-100; А1БЗК-18, У1БМП и аспирационный канал)	сум.	136 000000	17000000
2.	Количество машин	сум.	4	1
3.	Балансовая стоимость всех машин	сум.	554000000	17000000
4.	Часовая производительность одной машины	т/ч	12	15
5.	Годовая выработка	т	65000	81000
6.	Эксплуатационные затраты, в т.ч на электроэнергию	сум./т	2213	523,45
		сум./т	242,2	51,7
7.	Экономия эксплуатационных затрат	сум./т	-	1689
8.	Степень снижения эксплуатационных затрат	%	-	76,3
9.	Удельная материалоемкость	кг./т	0,041	0,019
10.	Степень снижения материалоемкости	%	-	53,1
11.	Дополнительный доход от внедрения новой машины	сум.	-	460320000
12.	Годовая экономия затрат	сум.	-	136809000-
13.	Срок окупаемости дополнительных капиталовложений	лет	-	1,3
14.	Занимаемая производственная площадь	кв.метр	81	18
15.	Эксплуатационные затраты на содержание 1 м <sup>2</sup> производственной площади	сум	8100000	1800000

Наряду с экономическим эффектом достигается высокое качество обработки зерновой смеси. За счет улучшения качества и исключения травмирования семенного зерна повышается его схожесть.



**Рис. 10** технологическая схема комбинированного сепаратора

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана новая конструкция машины для сепарирования и фракционирования зерновых культур, в которой совмещены камеры сепарирования и фракционирования зерна, что позволяет повысить производительность машины и качество очистки зерновой смеси от различных примесей и обеспечивает фракционирование зерна по массе, исключая его травмирование, уменьшая материалоемкость и потребление электроэнергии, а также, даёт возможность занимать относительно малую производственную площадь.

2. Разработаны математические модели и методики расчета движения зерновой смеси в камерах машины для сепарации и фракционирования зерна по массе что позволяет определить величины кинематических и геометрических параметров основных рабочих органов машины.

3. На основании составленных уравнений движения зерна по поверхностям наклонных перфорированных полок и нижней встряхивающей полки для очистки зерна от легких и крупных примесей. Определены конструктивные параметры наклонных перфорированных полок и нижней встряхивающей полки

4. Установлены рациональные параметры наклонных перфорированных и нижней встряхивающей полки при производительности 7,5 т/ч: ширина наклонных полок – 500 мм; длина наклонной полки – 400 мм; угол наклона полки  $\alpha = 23^\circ$ ; длина нижней наклонной полки – 430 мм, что обеспечивает возможность движения зерновой смеси по поверхностям полок самотеком с одним слоем, при этом обеспечивается отделение прилипшихся

органических и минеральных примесей, а также оболочек зерна.

5. На основе математического моделирования и экспериментальных исследований установлены размеры перфораций для наклонной перфорированной полки – 4 мм, для нижней встряхивающей полки 7 мм, ширина воздухопроводов аспирационного канала 20 мм, высота 1500 мм, скорость воздушного потока 7 м/с. Всё это обеспечивает всасывание легких примесей через перфораций и аспирационные каналы, отделение крупных примесей в отдельную емкость и равномерную загрузку зерна в камеру питающего валика.

6. На основе разработанных математического моделирования определены конструктивные параметры питающего валика в зависимости от технологических требований и производительности машины: диаметр - 350 мм, ширина - 500 мм и частота вращения 450 об/мин.; рациональное сочетание этих параметров обеспечивает плавный захват зерна и равномерно одинаковые начальные скорости его полета ( $v = 6,28 \frac{м}{с}$ ).

7. Составлены дифференциальные уравнения, позволяющие определять общую высоту  $h$  и длину  $L$  полета зерна, в зависимости от начальной скорости вылета зерна из питающего валика  $v$ , угла наклона направляющего лотка  $\alpha$ , коэффициента сопротивления воздуха  $k$ , массы зерна  $m$ , а также от характеристик местных сортов зерна. Установлено, что при угле наклона направляющего лотка  $\alpha = 45^\circ$  в зависимости от массы зерна  $m$ , высота его полета  $h$  колеблется от 0,2 до 1 м, а длина полета зерна  $L$  колеблется от 1,5 до 4 м. Эти параметры позволяют разделять зерна на несколько фракций по массе, снизить его влажность от 2% до 3,7%, а также дают возможность полностью очистить зерна от различных примесей.

8. Изучены физико-механические свойства местных сортов зерна по регионам страны, что позволяет научно обосновать параметры вновь создаваемых машин для сепарирования и фракционирования зерна исключая травмирование местных сортов зерна.

9. На основе полученных результатов исследований разработана, изготовлена и внедрена в производство новая конструкция машины для сепарирования и фракционирования зерновых культур с научно обоснованными параметрами. Внедрение разработана диссертаций в производство позволило повысить производительность машины, качество очистки и фракционирования зерна с экономическим эффектом 136000000 сум/год на одну машину.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON SCIENTIFIC DEGREE AWARD  
A DOCTOR OF SCIENCES 16.07.2013.T.08.01 AT TASHKENT  
INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

---

**TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

**BARAKAEV NUSRATILLA RAJABOVICH**

**CREATION OF TECHNOLOGICAL MACHINES FOR SEPARATION  
AND FRACTIONATION OF GRAIN CROPS**

**02.00.16 – “Processes and apparatus of chemical technologies  
and food productions”  
(technical sciences)**

**ABSTRACT OF DOCTORAL DISSERTATION**

**Tashkent city – 2016**

**The theme of doctoral dissertation was registered by 30.09.2014/B2014.5.T286 in Higher attestation commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan.**

The doctoral dissertation was completed at Tashkent chemical-technological Institute.

The abstract of dissertation are in three languages (Uzbek, Russian, English), posted on the web page at [www.tkti.uz](http://www.tkti.uz) and in informational- educational portal of ZIYONET at [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)

**Scientific  
Consultant:**

**Bahadirov Gayrat Ataxanovich**  
Doctor of technological Sciences

**Official  
Opponents:**

**Negmatov Soibjon Sodiqovich**  
Doctor of technological Sciences, professor  
**Gulyamov Shuhrat Manapovich**  
Doctor of chemical Sciences, professor  
**Ortiqov Asqar Ortiqovich**  
Doctor of technological Sciences, professor

**Leading Company:**

**Bukhara engineering technological institute**

Dissertation defense will be held on "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2016 at. "\_\_\_" o'clock at the meeting of scientific Council on 16.07.2013.T.08.01 at Tashkent chemical-technological Institute by address: 100011, Tashkent city, Shayhontahur district, A. Navoi street, 32. Tel: (99871) 244-79-21; Fax: (99871) 244-79-17; e-mail: [tkti\\_info@mail.ru](mailto:tkti_info@mail.ru).

The Doctoral dissertation was registered at the Information resource center of Tashkent chemical-technological Institute №. \_\_\_, which can be found in IRC (100011, Tashkent, Shayhontahur district, A. Navoi street, 32. Tel:(99871)244-79-21).

Abstract of dissertation was sent out on "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2016.  
(Distribution protocol No. \_\_\_\_\_ from \_\_\_\_\_ 2016).

**S. M. Turobjonov**

Chairman of scientific council on awarding scientific degree a doctor of sciences d. t. s, professor

**A. S. Ibodullayev**

Scientific Secretary of scientific council on awarding scientific degree a doctor of sciences d. t. s, professor

**K. O. Dodayev**

Chairman of scientific seminar at scientific council on awarding scientific degree a doctor of sciences d. t. s. professor

## **INTRODUCTION (annotation of doctoral dissertation)**

At present time in world scales a great importance is paid to the providing the increase of capacity of machines and equipments, which are being used for processing the agricultural production, lowering of power consumption, the safety of manufactured products.

Since achieving the Independence of the Republic with the purpose of providing the necessity of population in grain today in comparison with 1991 are grown 10 times more grain ( in 2015 more 8 mln. tons), 5 times more bean (string bean, mash, green peas, local peas, soya ...). Due to that storage, primary processing, take off and processing separation on fractions, manufacture, increase of stores, export of food production and reinforcement foreign currency reserves of the country are actual.

Being used in processing of grain equipment, their work routine and technologies do not fully suit to chemical, physical and mechanical properties, humidity of being grown grain in our republic. Especially for that reason a great importance has the study of physical-mechanical properties of local sorts of grain in cutting regions, manufacture, testing and implementation of metal and power saving, compact, completing several technological processes of machines of new series, which are necessary for purification from different organic, mineral and large impurities and fractionation of grain on mass taking into account its essentials.

Working out on mathematical model and the calculation method of grain movement on machine cell for separation and fractionation on mass allow determining the kinematical and constructive parameters of main working organs.

The formation of equation on grain movement by inclined, perforated shelves and lower inclined, shaken shelves for purification from light and large impurities and determination on its base constructive parameters inclined, perforated and lower shaken shelves are the basic of grain movement mixture on the surface of shelves gravity flow by one layer, at that purification from cleaving organic and mineral impurities and grain shells are provided. Mathematical modeling creates new directions for determination of modeling diameters of higher and lower shaken shelves, geometrical parameters of aspirational channels, the speed of air flow and absorption of light impurities from the staff of grain mixture from the surface of perforated shelves through aspirational channels, technological processes of separation to individual cubic content of large impurities and equable fetching of grain in feeding the roll of cell.

The given dissertation research in certain degree serves the completing tasks, defined in degrees of the President of the Republic of Uzbekistan №PD-1072 «On program measures of important projects realization on modernization, technical and technological upgrading of production for 2009-2014 years» from March 12, 2009y and №PD-1633 «On measures of further improvement of management organization and development of food production of the Republic for

2012-2015 years» from October 31, 2011 and also other normative-legal acts concerning the given activity.

**Compliance of the research to the main priority directions of the science and technology are development of the Republic.** The given research was completed, accordingly to the priority directions of science and technologies development VII. «Chemical and nanotechnology».

**Review of international scientific research on the dissertation theme.** Scientific researches directed to the technologies of machine purification from various impurities and fractionation of grain were carried out in many scientific centers and higher educational institutions, including, University of Illinois (USA), University of Greenwich (UK), Italian Culinary Institute (Italy), Institute of Agricultural engineering (Germany), Institute of Chemical technology (France), Canadian Institute of food science and technology (Canada), Swedish Institute of Food and biotechnology (Sweden). All-Russia scientific-research institute of grain and its reprocessing products, all-Russia scientific-research institute on mechanization of agriculture, Altaic, Don, Cuban and Omsk state agrarian universities, Chelyabinsk state agrarian-engineering academy, Kemerovo Institute of food products, Moscow state university of food products (Russia).

As the result carried out in the world of investigations, in the field of technologies and machines for purification from impurities and fractionation have been achieved the raw of scientific results, partially, machines have been created for cleaning grain by the way of step-by-step grain screening through sieve of various sizes Institute of Agricultural engineering (Germany), Swedish Institute of Food and biotechnology (Sweden), All-Russia scientific-research institute of grain and its reprocessing products, Altaic, Don, Cuban and Omsk state agrarian universities, Chelyabinsk state agrarian-engineering academy, (Russia), were used in the production wavering separators with entering-back motion (University of Illinois (USA), University of Greenwich (UK), were created pneumo-separators (Italian Culinary Institute (Italy), Institute of Agricultural engineering (Germany), were worked out gravitational, centrifugal and inertioal separators (Institute of Chemical technology (France), Canadian Institute of food science and technology (Canada), Swedish Institute of Food and biotechnology (Sweden), in the technological process were used grain cleaning with the help of air flow by the way of twice passing before and after through sieve-system separators )Canadian Institute of food science and technology (Canada), All-Russia scientific-research institute of mechanization of agriculture, Altaic, Don, Cuban and Omsk state agrarian universities, Kemerovo Institute of food products, Moscow state university of food production (Russia).

In the world are being implemented the raw of investigations on creation the technologies and machines for separation and fractionation of grain, at the same time ,on the next priority directions: the creation of new series of highly manufactured, energy and metal saving machines for separation and fractionation for combined technological processes; full mechanization and automation of technological process; the increase of high sorts of flour production with the usage of highly manufactured devices and advanced technologies, the development of

floury-cereal and mixed feed industry; recommendation of indicators and routines of work devices, applied in technological processes, taking into account, chemical, physical-mechanical properties of grain culture.

**Scientific study of the issue.** Scientific investigations on creation technologies and equipments for separation and fractionation of grain crops were made by: N. E. Avdeev, V. I. Aniskin, A. S. Arkhipov, A. F. Butenko, N. F. Vasilyev, N. G. Gladkov, V. V. Gortinsky, V. P. Goryachkin, A. G. Gromov, P. M., Zaika, A. N. Zulin, A. V. Zilbernagel, A. I. Klimuk, E. I. Kozhukhovskiy, N. F. Konchenko, I. Kosilov, V. A. Kubyshev, A. A. Kukiv, P. N. Lapshin, I. P. Lapshin, M. N. Letoshnev, A. A. Loan, V. N. Makarov, E. A. Nepomnyashikh, G. T. Pavlovskiy, I. F. Pikuza, Y. V. Terent'ev, G. D. Terskov, V. T. Telegen, M. A. Tulkibas, N. N. Ulrich, V. M. Setsinovskiy, G. F. Khankhasaev, A. V. Fominykh, W. M. Trincha, H. Robert, D. W. Rodney, P. K. Ross, O. Wilfrid, Ya. Hemery, N. R. Yusupbekov, H. H. Usmanhodjayev, R. G. Mahkamov, Z. S. Salimov, S. S. Negmatov, A. A. Artikov, A. A. Rizayev, G. A. Bahadirov, H. Nurmuhamedov, Sh. M. Gulyamov, P. M. Tursunhodjayev, J. P. Muhitdinov, K. O. Dodayev, J. Kurbonov and other researches.

As the result of researches in the field of creation machines and technologies for separation and fractionation of grain crops were created more than 100 thousand machines and equipments with different manufacture and capacity. The mechanization process allows to increase to 8-10 times labour manufacture, to reduce to 1,5 – 2 times cost for working out, intrusting flour and seeds of high quality. The results of investigations by A. V. Fomine, N. F. Vasilyev, A. V. Zilbernagel, N. N. Yulrikh and others prove that among machines of grain purification are more actively used sievy machines with less consumption energy.

The usage in sievy machines of vibrating transmission allowed several (5-10) times reducing amplitude and several (5-10) times increasing the speeding up and frequency vibration. In researches by V. N. Makarov, V. I. Telegin, I. F. Pikuza, G. F. Khankhasaev, A. F. Butenko and others were proposed and confirmed the hypothesis about that at motion speed of strip under the certain angle till 14 m/s in strip machines for grain purification trajectory of flying grain consists from parabole. It was mentioned that, in that case, grain in the dependence from own aerodynamical indicator sizes and comparative mass, fly to different distances and the possibility of increasing with the help of strip machines of grain purification level to 4-20% was confirmed.

Working out the results of scientific searchings by N. I. Kosilov, A. A. Kukubin and other researchers pneumo-inertial machine was recommended for the usage in the process of primary grain-purification crops.

Separations of grain crops necessity signs a difficult process, which depends on next stages: relatively rotation of grain mixture on the surface of shaken shelves; self-sorting passing of grain on the surface of shaken shelves to the surface of lower shelves; kicking-up grain with the help of centrifugal forces on certain sections of separator surface. Implementing machines and technological processes for separation and fractionation relatively on grain crops mass, taking into account, the interaction of above mentioned stages, it has a scientific-practical

importance and it is almost actual.

**Relation of dissertation theme with research work at higher educational institution, where the dissertation is being done.** The dissertation work was done in the frames of project plan on scientific-research works at Tashkent chemical-technological Institute ITD-5-065 «Development of resource-storage, ecologically safe technologies for the production of chemical products and food stuffs» (2005-2012), and Gulistan State University AZ-46 «Calculation the efficiency of cleaning devices and fractionation of grain and improvement from projecting» (2015-2017), and also IOT-2014-2-31 «Implementation to the production of purification technology and fractionation of grain on mass» (2013-2014).

**The aim of the research is** based on scientific evidence of kinematical and constructive parameters of machines for separation and fractionation of grain crops, working out the constructive and technical documentations on the creation of machines.

In accordance with the set aim the following **tasks** were solved:

to investigate in cutting territories of physical-mechanical properties of local sorts of grain for the creation of new series for separation and fractionation machines;

to investigate and analysis of technological process for separation and fractionation of grain on mass;

to complete the equations of motion of the grains on the surfaces of perforated shelves;

to define the speed of airflow and choose ventilator for grain cleaning from light impurities;

to complete the equations of grain motion on the surface of lower shaken shelves for cleaning grain from large impurities;

to complete the equations of motion of grain on the surface of supplying roller in the cell fractionation;

to create the combined separator for purification from other impurities and fractionation of grain on mass, to define its kinematic and technological parameters:

to conduct the industrial testing, implementation to the practice and to define the economical efficiency of combined separator for purification from impurities and fractionation of grain on mass.

**The objects of the research** is the technological machine of production machines for separation and fractionation of grain crops.

**The Subject of the research:** regularities of processes technological machines for separation and fractionation of grain crops, their interaction of kinematical and technological indicators.

**Research methods.** In dissertation work physical-chemical, physical-mechanical, kinematical, dynamic and methods of experiments planning, methods of mathematical statistics were also applied.

**Scientific novelty of the research** includes the followings:

In cutting territories physical-mechanical properties of local sorts of grain were studied;

the interacted essentials parameters of processes for separation and fractionation of grain crops were defined;

the mathematical model and completed equation of grain motion on the surface of perforated shelves taking into account airflow was developed;

the speed of airflow and was chosen ventilator for purification of grain from light impurities in separational cell was defined;

the mathematical model and completed equation of grain motion on the surface of lower shaken shelves for purification from large impurities in separational cell taking into account airflow was developed;

the mathematical model and completed equation of grain motion on the surface of feeding roll of fractional cell taking into account the resistance of air to the surface of grain on lateral cutting was developed;

kinematical and technological parameters of combined separator taking into account physical-mechanical essentials of local sorts of grain were defined; the combined separator for purification from other impurities and fractionation of grain crops on mass with manufacture 7,5 t/h, properly sizes:  $l=4500\text{mm}$ ,  $h=2000\text{mm}$ ,  $b=500\text{mm}$  was created.

**Practical results of the research** include the followings:

the technological machine–combined separator for separation and fractionation of grain crops was created;

the constructed and technical documentation of combined separator, occupying four times less production squares was developed.

**Reliability of obtained results** was proved by the presence of exact mathematical models and algorithms of calculation, relatively theoretical parameters and experiment results of combined separator.

**Theoretical and practical importance of the research results.** The theoretical importance of research results was defined by the creation of new technology and machine for separation and fractionation of grain crops, by working out the calculation of grain motion on inclined shelves with feeding roll.

Practical importance of research results includes that, it was worked out a new construction for separation and fractionation of grain, which allows increasing the manufacture of machine and quality of grain purification from different impurities, and fractionation of grain on mass also, excepting its damage, reducing cubic content of material and usage of electro energy, besides that the machine occupies less manufacture place.

**Implementation of the research results.** Combined separator of cleaning and fractionation of grains production was tested and implemented in the enterprises for grain processing Joint Stock Company «Uzdonmahsulot» (certificate on March 22, 2016 g.№ 08.02.11 / 4299 Joint Stock Company «Uzdonmahsulot»). The result is a compact technology enterprise line; the power consumption is reduced and reached: the choice of technological modes mills for each fraction; ensures production of high quality flour and flour products from local varieties of grain.

**Approbation of the work.** The results of the research were discussed in the form of reports and were approbated in more than 30 international and republican

scientific-technical conferences, partially, «Food safety» (Tashkent, 2005, 2006, 2010); «Modern problems of Mechanics» (Tashkent, 2009); «Technology of processing of local raw materials and products» (Tashkent, 2009); 326 scientific conferences, including 17 international: International scientific-technical conference international scientific-technical conference Republican scientific-technical conference international scientific-technical conference «Modern equipment and technologies of the mining and metallurgical industry and ways of their development» (Navoi, 2010); XVIII international scientific-technical conference «Applied problems of mathematics and mechanics» (Moscow, 2010); Materials of the Central Asian regional international conference on chemical technology (Moscow, 2012); XVII international scientific and technical conference «machine building and techno-sphere of the XXI century» (dons.NTU 2014); Republican scientific-practical conference «development of Applications in agriculture» (Gulistan, 2013); II International scientific-practical conference dedicated to the 80th anniversary Aytaliev sh. M. (Almata, 2015); VIII international scientific conference «Innovation in technologies and education» (Belovo, 2015); International scientific conference «Science, technique and innovation technologies in the epoch of power and happiness» (Ylym, 2015); International scientific-technical conference «automation: problems, ideas, solutions» (Moscow, 2015); the VI International scientific-practical conference «Innovative technologies and Economics in engineering» (Tomsk, 2015);

XVIII international scientific-technical conference «machine building and techno-sphere of the XXI century» (Sevastopol, 2015); International scientific conference «Actual problems of development of engineering and technology», (Bishkek, 2015). Thesis discussed at the interdepartmental seminar of the faculty «Food technology» of the Tashkent Institute of chemical technology (2015) and the Academic Council 16.07.2013.T.08.01 at the Tashkent chemical technological institute (2016).

**Publication of the research results.** 44 scientific works, including 17 scientific articles have been published in different international and national journals on the topic of the dissertation.

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of introduction, five chapters, conclusion, list of references, attachments and contains 200 pages of text, includes 45 figures, 15 tables.

## MAIN CONTENT OF THE DISSERTATION

**In the introduction** it was substantiated the importance and relevance of the topic of the dissertation, formulated the goals and objectives, as well as the object and subject of research, that the research was under the priority directions science and technology development of the Republic of Uzbekistan, scientific novelty and practical results of the research substantiates the reliability of the obtained results were described, the theoretical and practical significance of the obtained results, the following list of implementations in the production of research results, information on published works and the structure of the dissertation were revealed.

In the first chapter «**Current status and tendencies of development of technological machines for the separation and fractionation of grain crops**» of the dissertation the status and trends of development of existing production machines and their operating conditions in the separation and fractionation of grain has been analyzed.

Peculiarities of technological machines for the separation and fractionation of grain have been investigated.

The major factors influencing the technological parameters of machines for the separation and fractionation of crops have been determined.

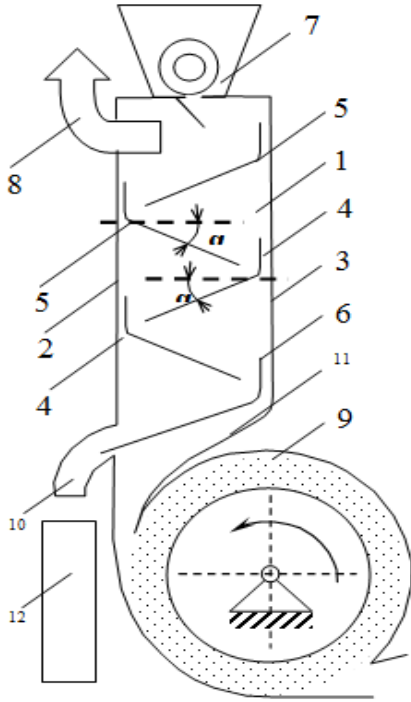
Methods of screening and their characteristics have been investigated. The influence of the working bodies of technological machines on the strength properties and mechanical damage to grain crops has been determined.

On the basis of a critical analysis of the literature, one studying the modern condition of technological process and the machinery is that the most promising direction for creating grain-cleaning machines at present is the search for universal, simple, feature-rich equipment separation and fractionation of crops.

In the second Chapter of the dissertation «**Theoretical study of parameters and modes of technological machines for the separation and fractionation of grain crops**» the results of studies on the improvement of technological machines and the process of separation and fractionation of grain are shown. With the aim of complete purification of local varieties of grain from impurities and separating them into fractions by weight, taking into account physical, chemical, mechanical and aerodynamic properties of grain, we propose a new two-stage combined machine for grain separation and fractionation. The first stage is the initial clearing in an air-separating chamber, where the impurities are removed does not exceed the weight of grain.

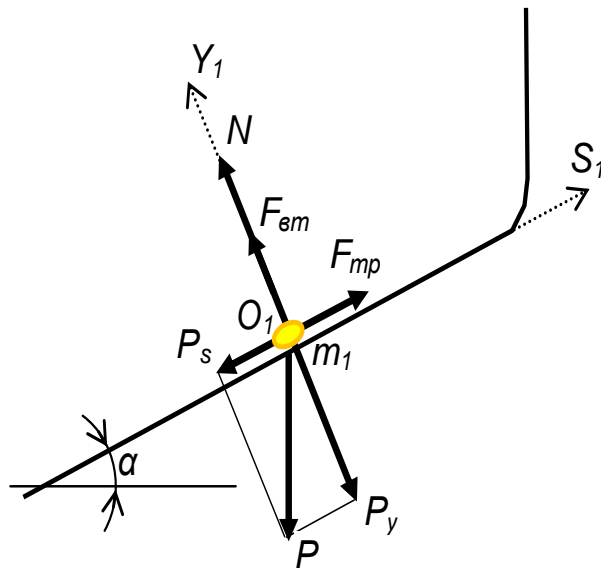
The separating chamber 1 of this separation and fractionation of the grain (Fig. 1) comprises side walls 2 and 3 installed with air ducts of aspiration 4 inclined perforated shelves, shaker 5, 6, the boot device 7, channel 8 for pre-aspiration and feed roller 9.

Inclined ,perforated, shaken shelves 5, have openings of the perforations is smaller than the grain size, the lower inclined shaken shelf has 6 holes of the perforations are larger than the grain size and installed extending from the inlet chamber 1, through the exit window 10. Lower boot shelf 11 of the reception chamber 1 is directed tangentially to the feed roller 9. Feeding device of grain



**Fig. 1. Feeding device of grain separator**

the angle of inclination  $\alpha$  of the shelf must be greater than the friction angle  $\gamma$  that is,  $\alpha > \gamma$ . We denote the retraction force coming to unit length of the top shelf, through the mass of grain along with a touch in this area through  $m_1$ .



**Fig. 2. The scheme of forces acting on a particle located on a sloping shelf**

$b_1$  are found from the experiment.

For example, in the initial time ( $t=0$ ) the mass  $m_1(0) = m_{10}$ , if gathering it

separator was provided with a vessel 12 for the collecting of heavy impurities.

Mathematical model of motion of a grain on an inclined shelf 5 has been composed. Theoretical research of the movement of grain on the shelf 5 for cleaning grain from various impurities has been performed.

The condition was considered an absolute movement of the grain particles on the sloping perforated fixed shelf 5 (Fig. 2), as well as the conditions of relative movement of its movable perforated shelf.

When you install a shelf under the angle  $\alpha$  to the horizon on the grain particle has the following forces:  $G$  - gravity of the grain particles,  $N$  - is the normal reaction of the surface shelves,  $F_{mp}$  - friction and  $F_{em}$  - the power of retracting.

For the motion of the particle it is necessary the angle of inclination  $\alpha$  of the shelf must be greater than the friction angle  $\gamma$  that is,  $\alpha > \gamma$ . We denote the retraction force coming to unit length of the top shelf, through the mass of grain along with a touch in this area through  $m_1$ .

The equation of motion of the center of mass highlighted a single element of the grain mixture in the direction of the flange is

$$m_1(s_1)\ddot{s}_1 = m_1(s_1)g\text{Sin}\alpha - fF_{em}^{(I)} + fm_1(s_1)g\text{Cos}\alpha \quad (1)$$

where:  $f$  - coefficient of friction.

While moving the grain mixture with the mass  $m_1$  due to the force  $\overline{F_{em}}^{(I)}$  will decrease and in the first approximation we can assume that this mass is determined by the function:

$$m_1(s_1) = m_1(t) = \frac{1}{a_1 t + b_1}, \quad (2)$$

where the constant coefficients  $a_1$  and

from the first shelf if  $t = t_{\kappa 1}$  it will be  $m_l(t_{\kappa 1}) = m_{1\kappa}$ .

Then the values  $a_1$  and  $b_1$  are determined from equations  $\frac{1}{b_1} = m_{10}$ ,  $\frac{1}{a_1 t_{\kappa 1} + b_1} = m_{1\kappa}$ . Whence it follows that  $b_1 = \frac{1}{m_{10}}$ ,  $a_1 = \frac{m_{10} - m_{1\kappa}}{m_{10} m_{1\kappa} t_{\kappa 1}}$ .

After some transformations will get the law of motion of variable mass  $m_1(t)$  in the form

$$s_1(t) = \frac{L_1 t}{t_{\kappa 1}} + t(t_{\kappa 1} - t) \left\{ \frac{fF_{\epsilon m}^{(I)}}{2} \left[ \frac{a_1}{3} (t_{\kappa 1} - t) + b_1 \right] - \frac{g \sin \alpha + fg \cos \alpha}{2} \right\}. \quad (3)$$

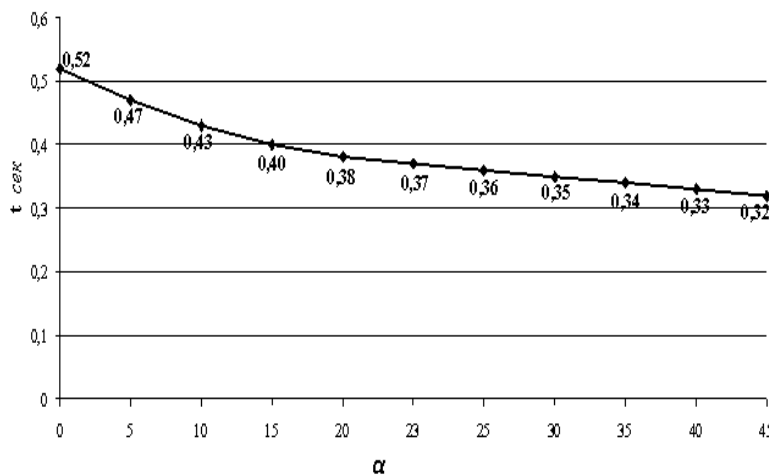
where,

$$L_1 = \frac{1}{2} (g \sin \alpha + fg \cos \alpha) t_{\kappa 1}^2 - \left( \frac{a_1}{6} t_{\kappa 1}^3 + \frac{b_1}{2} t_{\kappa 1}^2 \right) fF_{\epsilon m}^{(I)} + c_1 t_{\kappa 1}.$$

The law of motion of subsequent shelves is defined similarly.

It was established that the residence time of the grain on the shelf is directly proportional to length and inversely proportional to the angle of inclination. In Fig. 3 shows a curve of changes in time spent on the shelf of the grain mixture depending on the angle of the shelf, with initial length  $L=50$  mm and the angle of inclination  $\beta = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 23^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$ .

The graph shows that with increasing angle of inclination of the shelves falling speed of the particles of the grain mixture increases and the staying time of the grain on the shelf is reduced.



**Fig. 3. Graph of dependence from the slope angle shelves of the staying time of grain mixture on the shelf**

Accordingly, at large angles of inclination of the shelves, the particles of grain mixture with the largest weight get the maximum speed falling, then the grain rolls or a mixture to glide over the surface of the shelf. In this movement the grain is cleaned from dust and

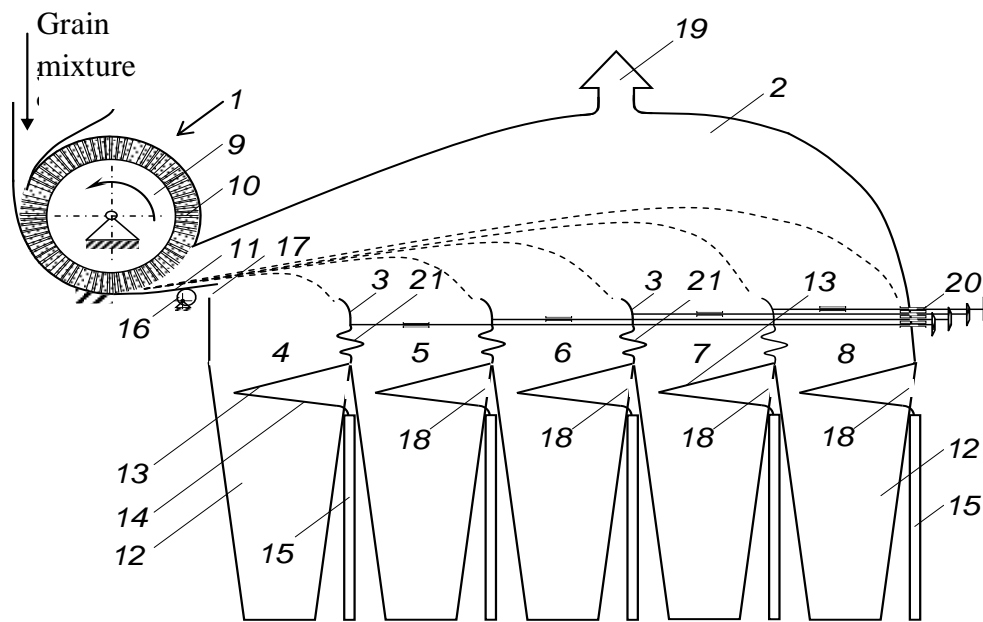
from the shell.

Besides that, it has been investigated the critical acceleration of the lower shelf 6 with a circular translational motion in the horizontal plane. It has been determined the technological efficiency of cleaning of grain from large impurities by the lower flange 6.

On the basis of the theory of pneumo-separation it has been found, that with the increase in the average air flow rate the degree of purification of grain from

light impurities increases.

In the second phase, in the fractionation cell, the grains are cleaned from other impurities and are separated into fractions, depending on the mass (Fig. 4). Fractionation cell 1 comprises a dispenser 2 according to the width of the cell, and divided by the length of the movable partitions 3 and the compartments 4, 5, 6, 7 and 8, with the dispenser 1, made in the form of a feeding roller 9, arranged on the surface of the brushes 10, which with the possibility of adjusting the angle of inclination guide tray 11 is set, and partitions 3, are formed with a curved top, with each compartment 4, 5, 6, 7 and 8, is divided into two, and in one of the compartments 12, installed the inclined sieve 13 and trays 14 and the other 15, is interoperable with the tray 14. The fractionation cell 1, has an input 17, 18, 19, and an output, channels of suction valves.



**Fig. 4. Grain Fractionation cell**

One of the main mechanisms of the new two-staged combined machine for the grain separation and fractionation of feeding roller 1 and the guide tray 11, which in turn influence further technological process of machine work, that is clean and graded the grain mass. When departing from the feed roller grain mixture will have the same initial velocity  $v_0$ , the vector of which lies on plane  $Oxy$  and is directed at some angle  $\beta$  to the axis  $Ox$  (Fig. 5). The guide tray 11 is installed with the possibility of adjusting the angle of inclination in the range:  $\beta = 0^\circ \div 45^\circ$ . A special mechanism for adjusting the angle of inclination 16, the guide tray 11, allows it to set to the required value (Fig. 4).

When flying on the motion of the particle are gravity  $m_i g$ , where  $m_i$  - mass  $i$  - particle,  $g$  - acceleration of gravity and  $k\dot{x}$  - air resistance proportional to the first degree of speed.

The equation of motion of  $i$  – particle in projection on the axis  $OY$  is

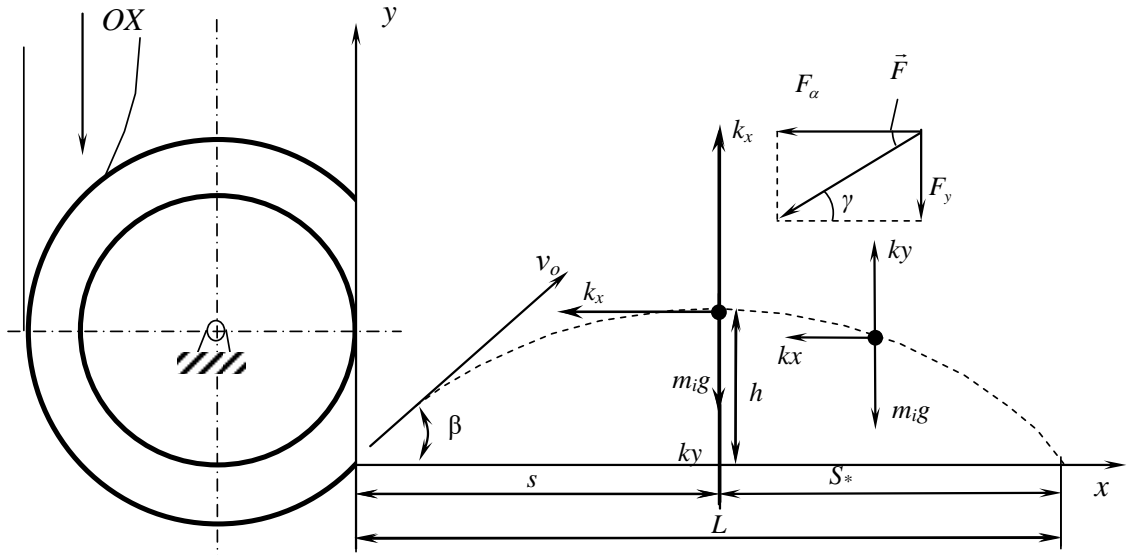
$$m_i \ddot{y} = -mg - \kappa \dot{y} - F \sin \beta \quad (4)$$

After some transformations, if  $\dot{y} = 0$  takes place  $y = h$ , i.e., we determine the maximum height to which the particle with the mass  $m_i$  ( $i = 1, n$ ) will rise,

$$h = \frac{m_i}{k} v_0 \sin \beta - \frac{m_i^2 g}{k^2} \ln \left( \frac{V_0 \sin \beta + \frac{m_i g}{k}}{\frac{m_i g}{k}} \right). \quad (5)$$

The equation of motion of an arbitrary particle with the mass  $m_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) in projection onto the axis  $Ox$  is

$$m_i \ddot{x} = -k\dot{x}, \text{ или } \ddot{x} = -\frac{k}{m_i} \dot{x}. \quad (6)$$



**Fig. 5. The scheme of the dynamic load of the combined separator**

After transformations we define the distance from the origin to the point when the particle with the mass  $m_i$  rises to a maximum height  $h$  (see Fig. 5)

$$s = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\beta}{\frac{2k}{m_i} (V_0 \cdot \sin \beta + \frac{m_i \cdot g}{k})} + R, \quad (7)$$

where,  $R$ - radius of the roll.

After the particle with the mass  $m_i$  has reached a maximum height  $h$  its reduction starts, and the vector  $k\dot{y}$  is directed upwards parallel to the axis  $OY$ . To simplify functional correspondences we shall start the countdown again  $t = 0$ . The differential equation of motion of the particles in projection on the axis we write in the form (see Fig. 5)

$$m_i \ddot{y} = -m_i g + k\dot{y} - F \sin \gamma. \quad (8)$$

From this,

$$y(t) = h + \frac{m_i g}{k} t + \frac{m_i^2 g}{k^2} (1 - e^{-\frac{k}{m_i} t}). \quad (9)$$

Where it is possible to determine the value  $t = t_*$ , if  $y = 0$  corresponding to the maximum length of flight of the particle with the mass counted along the axis  $OX$ .

The law of motion of the particle with the mass  $m_i$  in projection on the axis  $OX$  is determined from the equation

$$m_i \ddot{x} = -k\dot{x}. \quad (10)$$

From this, 
$$x(t) = -\frac{V_0 m_i^2 \cos \beta}{k^2 (V_0 \sin \beta + \frac{m_i g}{k})} (1 - e^{-\frac{k}{m_i} t}).$$

After the substitution  $t = t_*$  on the basis of (9) we determine the length of flight of the particle with the mass  $m_i$  along the axis  $OX$ ,

$$S_* = \frac{V_0 m_i^2 g \sin \beta}{k^2 (V_0 \sin \beta + \frac{m_i g}{k})} (1 - e^{-\frac{k}{m_i} t_*}),$$

The total length of the flight taking into account the previously obtained results along the axis  $OX$  will be

$$L = S + S_* = \frac{m_i V_0}{k (V_0 \sin \beta + \frac{m_i g}{k})} \left[ \frac{V_0}{2} \sin 2\beta + \frac{m_i g}{k} (1 - e^{-\frac{k}{m_i} t_*}) \sin \beta \right] + Rz. \quad (11)$$

This formula (11) is used for selecting a rational geometrical parameters of a combined separator.

When the air resistance is proportional to the square of the speed, i.e.  $\vec{R} = k\vec{v}^2$ , the equation of motion  $i$ -particle is

$$m_i \ddot{y} = -m_i g - k_i \dot{y}^2 - F \sin \gamma, \quad (12)$$

where  $\vec{F}$  - the resistance force of the oncoming flow, inclined to the horizon at the angle  $\gamma$  upstream of the lift to the maximum height  $h$ :

Here, for each particle (or separate fractions, composed of approximately equal in mass particles  $m_i$ ) coefficient of proportionality  $k$  equal to  $k_i$  is accepted. (Fig.5).

After some changes of the formula (12) we find the correspondence:

$$y = \frac{m_i}{2k_i} \left[ \ln\left(1 + \frac{k_i V_0^2 \sin^2 \beta}{m_i g}\right) + \ln \frac{\left(1 + \sqrt{\frac{k_i}{m_i}} V_0 \sin \beta t g \sqrt{\frac{k_i g}{m_i}} t\right)^2}{1 + t g^2 \sqrt{\frac{k_i g}{m_i}} t + \frac{k_i V_0^2 \sin^2 \beta}{m_i g} \left(1 + t g^2 \sqrt{\frac{k_i g}{m_i}} t\right)} \right] \quad (13)$$

From (13) we determine the maximum height  $h$ , to which the particle with mass  $m_i$  can rise. In this case, if  $y = 0$

$$h = \frac{m_i}{2k_i} \ln\left(1 + \frac{k_i V_0^2 \sin^2 \beta}{m_i g}\right). \quad (14)$$

Now we can write the equation of motion of particle with the mass  $m_i$  in projection on the axis  $OX$

$$m_i \ddot{x} = -k_i \dot{x}^2, \text{ or } \ddot{x} = -\frac{k_i}{m_i} \dot{x}^2. \quad (15)$$

Using some conversions if  $t = t_*$  when  $\dot{y} = 0$  we can find out the length of flight of a particle with the mass  $m_i$  along the axis to a maximum lifting it to the height  $y = h$

$$S = \frac{m_i}{k_i} \ln\left(1 + \frac{k_i t_* V_0 \cos \beta}{m_i}\right) \quad (16).$$

Let us transfer the beginning of coordination to the point  $X = S$  and the beginning of the counting time to the area of reducing the particle with mass  $m_i$ . In this case, the vector of resistance in a projection on the  $OY$  axis will change to the opposite direction (Fig. 5). The differential equation (12) if  $F=0$  can be written as follows

$$m_i \ddot{y} = m_i g + k_i \dot{y}^2, \quad (17)$$

If  $t=0, y=h$  we will get

$$y = h + \sqrt{\frac{m_i g}{k_i}} t - \frac{m_i}{k_i} \ln \frac{e^{2 \cdot \sqrt{\frac{k_i g}{m_i}} t} + 1}{2} \quad (18)$$

From this formula the time  $t_K$  can be found, if  $y = 0$  at the end of lowering the particle with the mass  $m_i$  if  $h = 0$ . If  $t = t_K$  the length of flight of the particle mass  $m_i$  by the axis  $OX$  is determined,

$$S_* = \frac{m_i}{k_i} \ln\left(\frac{k_i}{m_i} V_0 \cos \beta \cdot e^{-\frac{k_i}{m_i} t_K} + 1\right) \quad (19)$$

The total length of the flight of this particle along the axis 0X will be

$$L = S + S_* \quad (20)$$

In the third Chapter – **«Methods of experimental studies and determination of design parameters of working bodies of the chambers separation»** the scope of tasks of experimental research of parameters of working bodies of a two stage combined machine for the separation and fractionation of grain is defined. The techniques of experimental researches of determination of mechanical characteristics of local varieties of grain were given in the research. The research was carried out in a universal machine «Zwick» on single grains, under the action of static loads in compression, to determine the allowable effort (when micro-cracks begin to appear in grains), a tensile strength. Testing was carried out on grains with different level of moisture. According to the results of the experiments on the compression of single grains the diagrams of compressive strain are compiled.

Taking into account the physical-mechanical characteristics of local varieties of grain to create a uniform flow velocity, we experimentally determined the design parameters of the inclined shelves (width 500 mm, length 400 mm); the angle of inclination of the shelves ( $\alpha = 23^\circ$ ).

On the side walls of the new two-stage combined machine for the separation and fractionation of grain five fixed inclined shelves are fixed. Grain mixture moves by gravity from one shelf to another shelf, hitting to the walls of the shelves. In the process of hitting to the wall the grains begin to separate from each other. The dusty air and impurities not exceeding the weight of the grain are absorbed by air at a speed  $v \leq 7M/c$  which was determined in the laboratory. This provides a qualitative removal of dusty air and impurities, not exceeding the weight of the grain, through the suction channel. For the suction channel of the separation chamber airflow rate is determined as  $Q_B$  and fan flow with  $Q_g = 630M^3 / \text{ч}$  rate in width  $B=0,05 \text{ m}$ , and length  $L=0,5 \text{ m}$  of suction channel and air velocity of  $v = 7M/c$  is chosen (Fig.6).

The width of the lower shaking shelf should be equal to the width of the upper inclined shelves. The length of the lower flange is made larger than the length of the upper inclined shelves to ensure the release of the large impurities.

In a new two-stage combined machine for the separation and fractionation of grain bottom shaking shelf is installed at an angle  $\alpha$ . The angle  $\alpha$  is less than friction angle, and grain is moved due to the vibrations of the shelves, which are made, usually, from galvanized sheet of steel with the thickness of 0,8...1,0 mm. Holes in it are of a circular shape. To clean the grain from large impurities, the diameters of the holes of the sieve must be greater than the diameter of the grain, i.e.  $d_c=7 \text{ mm}$ . It is found that the optimal acceleration of the bottom shaking shelf with round holes is recommended to be 9-12  $m/s^2$ . The value of r that determines the amplitude of the shelf is equal to 5-6 mm.



**Fig. 6. Laboratory installation of the combined separator**

The diameter of the supply roller is determined experimentally, it is equal to  $d_B=350$  mm, the width of the supply roller is equal to the width of the separation chamber and it is  $L=500$  mm. Taking into consideration the location of the guide tray under the supply roller, the width of the guide tray will be equal to the width of the supply roller.

With the increase of the frequency of rotation of the supply roller (250-450 r/m) and the inclination angle of the guide tray (range from 0 to  $45^\circ$ ) lifting height and span distance increase the grain mixture and also improves the quality of fractionation of the grain mass.

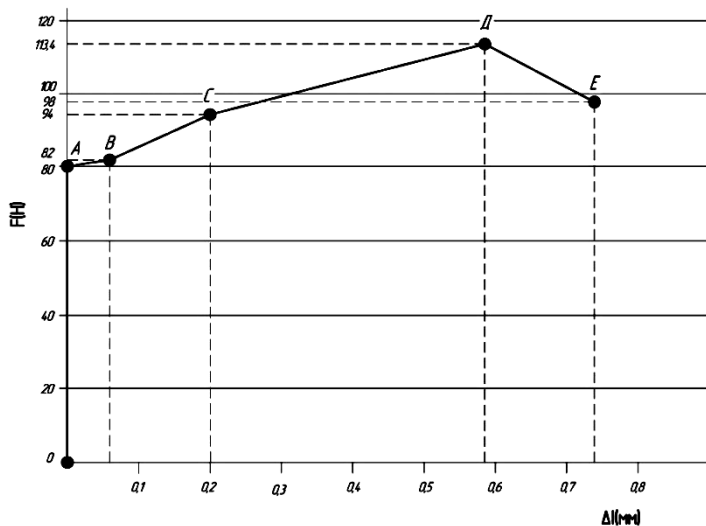
Large grains, (i.e. seed grains or other possible impurities), flying a long distance, get in the farthest compartment of the fractionation chamber. Small grains having a smaller mass (food grains or other possible impurities) than seed fly according to their mass less distance and enter a specific compartment.

Experimental studies of the process of complete cleaning of the grain mixture from impurities are done to determine the fractionation of grains with different speeds of the supply roller (250, 300, 350, 400 and 450 r/m) and the inclination angle of the guide tray ( $15^\circ$ ,  $30^\circ$  and  $45^\circ$ ) with a capacity of 7.5 t/h.

Theoretically determined and experimentally confirmed by rational constructive and technological parameters of the new machine for the separation and fractionation of grain.

In the fourth chapter of the thesis-"**The results of experimental researches on determination of the design parameters of working bodies of the chamber fractionation**" the results of experimental studies to determine the structural and mechanical characteristics and parameters of the process of purification and fractionation of local varieties of grain are given.

The study of the structural and mechanical properties of local varieties of grain has theoretical and practical value. Knowledge of structural and mechanical properties of local varieties of grain and the mechanism of their deformation allows us to improve existing and create new equipment for their purification and fractionation. The conducted researches allowed determining the effort required for destruction of individual grains of local varieties under static and dynamic compressions on the test machine «ZWICK-1445». Built and analyzed the charts of compression grain with a moisture content of 11% in the «side-side» state.



**Fig. 7. Chart of compression grain**

The first section charts the efforts of the interval «0-A» part, represents a straight line with small slope angle, the deformation occurs in direct proportion to the load increase. At this stage of loading the grains retain its elastic properties (Fig. 7).

Section «A-B» of the diagram is the conventional to yield stress, i.e. the increase of deformation at constant load. Thus, on the surface of the grains

there is a distribution of compressive forces on the area, which causes the filling of voids in the structure between the layers. A visual assessment of the condition of the grains at this stage, after removal of the load, is difficult. Surface of the grain, in general, is not broken, only in 15-20 fold increase of grain surface in contact with a movable stem has a slight dent about the size of 0,3x0,2 mm.

In the area «B-C» corresponding to a further increase of the load, in a straight line, with a large angle of inclination than the first section a plastic deformation is formed. When the load is removed at this area closer to point «C» in the structure of the grains, visually, we can observe the occurrence of internal cracks across the grains. The residual deformation is 0,2 mm.

Next area – "S-D" – of the diagram corresponds to a strongly pronounced yield point. The amount of residual deformation after removal of the load is from 0,3 to 0,59 mm.

In the section «D-E» the formation of plastic deformation, accompanied by destruction of membranes and in whole grains is largely dominated. The magnitude of the load, not causing significant changes in the structure of local varieties of grain with a moisture content of 11%, in position «side-side» is 128,5 H, in the position «stand» is 75.2 H.

Table 1 shows the results of studies on determination of moisture content of local varieties of grain on their strength characteristics. It is found, with the increase of humidity the decrease of breaking stress and deformation rate takes place, but destruction itself occurs at higher loads.

Table 1.

**Destructive force and the absolute deformation of different grains of local varieties under different level of moisture**

№	Name of grain	Humidity %	Destructive force H.	Absolute deformation mm.	Humidity %	Destructive force H.	Absolute deformation mm.	Humidity %	Destructive force H.	Absolute deformation mm.
1	Chillaki (Andijan Region)	9	142,7	0,1...0,22	12	117,5	0,2...0,37	16	97,8	0,3...0,59
2	Bobur (Syrdarya Region)	8	153,2		11	128,5		15	107,8	
3	Nota (Tashkent Region)	8	136,4		11	113,4		15	95,2	

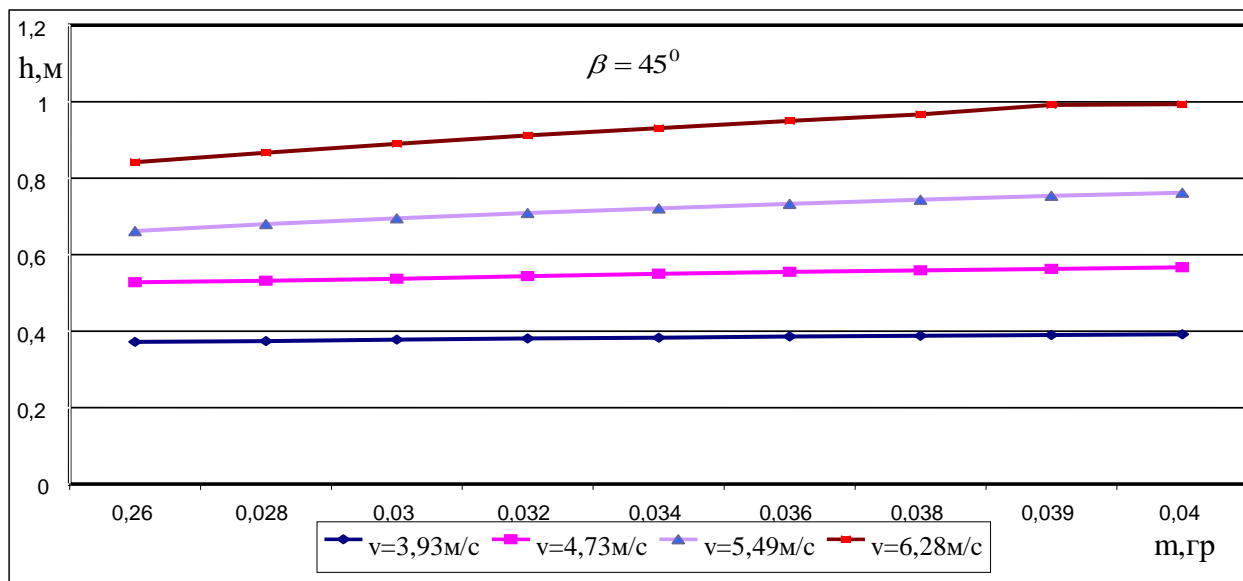
In the process of experimental studies we have examined the formation of micro-damage of the grain by feeding roller brushes and at the expense of free fall on the surface of the shelves depending on several factors. As a result of theoretical research of interaction of grains with the surface revealed that the damage to the grain is influenced by the speed of his flight.

As a result of theoretical and experimental researches it is established that for motion of the grain mixture on the surface of an inclined perforated shelves by gravity, the angle of inclination of the perforated shelves should be not less than  $23^\circ$ , and the diameter of the perforations is not more than 3,5 mm.

When departing from a feeding roller grain mixture will have the same initial speed -  $v_0$ , the vector of which lies on the Oxy axis and is directed at some angle  $\beta$  to the axis Ox.

Grain mixture departing from the supply roller in a certain direction, corresponding to the weight, divided by the length of the fractionation chamber. The length and height of the camera fractionation depends on the mode of operation of the feeding roller and the inclination angle of the guide tray. When the rational speed of the supply roller  $n_0 = 450 \text{ об/мин}$ , and the inclination angle of the guide tray is  $\alpha = 45^\circ$ , on the basis of theoretical studies proved that the machine separation and fractionation should be the length of the fractionation chamber  $L=5000 \text{ mm}$ , width  $B=500 \text{ mm}$ , height  $h=1200 \text{ mm}$ . In addition, it is constructively proved that for the complete purification and separation of granules on fractions and collecting them in certain compartments, the distance between the compartments should be 100 mm, and the length of the shelves should be 200 mm, the width of shelves should be equal to the width of the camera of fractionation. The angle of inclination of the shelves of each compartment is adjustable in the range  $\beta=0$  to  $24^\circ$  allows to choose rational values, depending on the grain mixture. Thus, the separation of the initial mixture into fractions by mass is taking place.

According to the results of the experimental data for the adopted geometrical parameters the graphics based on length of flight and height of local varieties of grain, depending on the mass and speed of flight of the grains and the inclination angle of the guide tray is compiled (Fig. 8, Fig. 9).



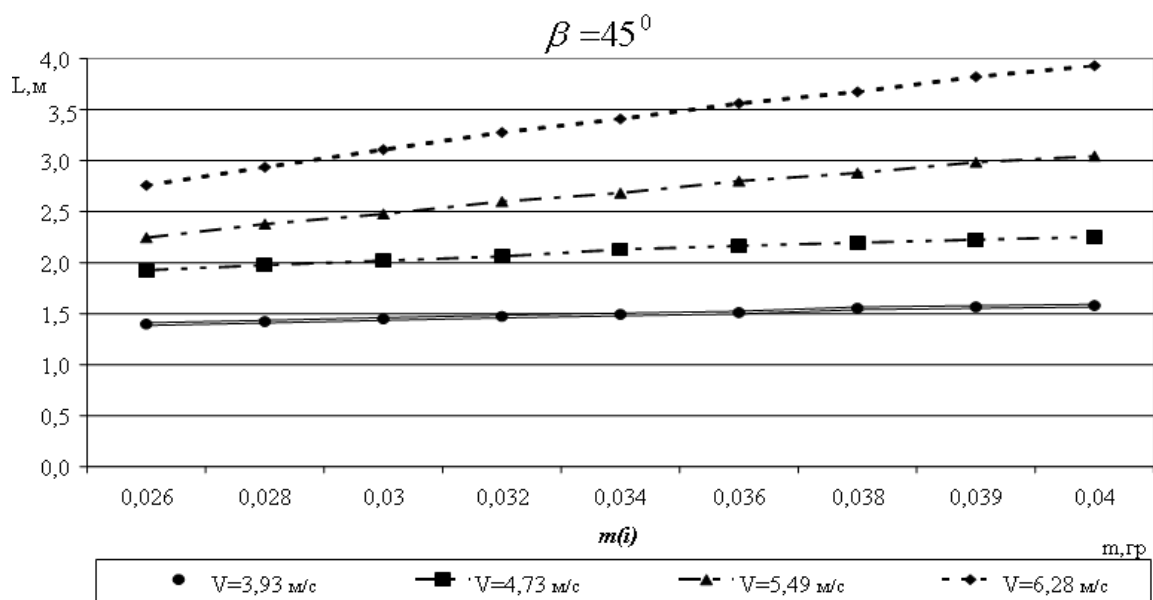
**Fig. 8. Diagram of interdependence between the height of local varieties of wheat and the mass of grain**

It was defined that when the angle of inclination is  $\alpha = 45^\circ$ , the rotation speed of the supply roller is 250 r/m, the length of the flight of grain will be 1,8 m, and lifting height up to 0,4 m, when the rotation speed is 450 r/m, the length of flight of grains is up to 4 m, and lifting height is up to 1 m.

Also, it is obvious from the graph that the lifting height of the particles of the grain mixture increases in proportion to the increase of the mass of particles of the grain mixture. Accordingly, the particles having the greatest mass, were raised to the greatest height and fly to the maximum distance.

The experimental data do not differ from the theoretical values by more than 5%.

In the process of preliminary and laboratory studies of combined separator the need to verify the operation of machine in industrial conditions appeared. The main purpose of industrial research is to determine the modes of operation of the apparatus satisfying the technological requirements of industry standard. The main criterion for technological evaluation of the combined separator is the complete purification and fractionation of the grain mass in the process. In the course of the research, it is also necessary to verify theoretical laws affecting the full purification from various impurities and fractionation in the mass of grain in the processing machine for separation and fractionation in a production environment.



**Fig. 9. Diagram of interdependence between the length of flight of local varieties of the grain and its mass**

It was determined the quality of seed grains after processing on the machine separation and fractionation, that is, the complete purification from various impurities and fractionation of the grain mass. Grain large mass has a high seed quality.

As a result of determining the germination of grains treated experimentally in combined separator and serial ZM-60, it became known, (that at frequency of rotation of the supply roller of the experimental device is not more than 450 r/m, when the angle of inclination of the guide tray is  $\alpha = 45^\circ$ ) germination of grain is higher by 6-7 % than the grain processed by ZM-60. As a criterion for estimating the mass of grains, the weight of 1000 grains is taken.

Experimental results for different machine operation modes for the separation and fractionation of grain shown in Table 2.

According to the obtained results we can judge about the nature of the change in mass of seeds, along the length of the fractionation chamber. It is seen that with increasing frequency of rotation of the supply roller, there is an allocation of fractions of the grains with the largest mass directly to the first site. It should also be noted that selected fractions of the grain on the first site do not contain impurities and weeds.

One of the main criteria agronomic evaluations of quality of the grain fractions in the separation or purification is the extent of the damage. Since the studies were conducted in laboratory conditions, for each of the obtained fractions was determined by the degree of micro-damage by well-known methods.

Analysis of the results showed that macro-damage of fractionated grain along the length of the fractionation chamber is not occurring. The presence on the surface of the supply roller brushes is provide a smooth capture of the grain mixture. Grain mix, dialing the appropriate speed from the rotational motion of the supply roller passes along a certain trajectory at a distance of 4 meters and a height

of 1 meter, then according to their mass divided by the entire length of the chamber into fractions.

**Table 2.**

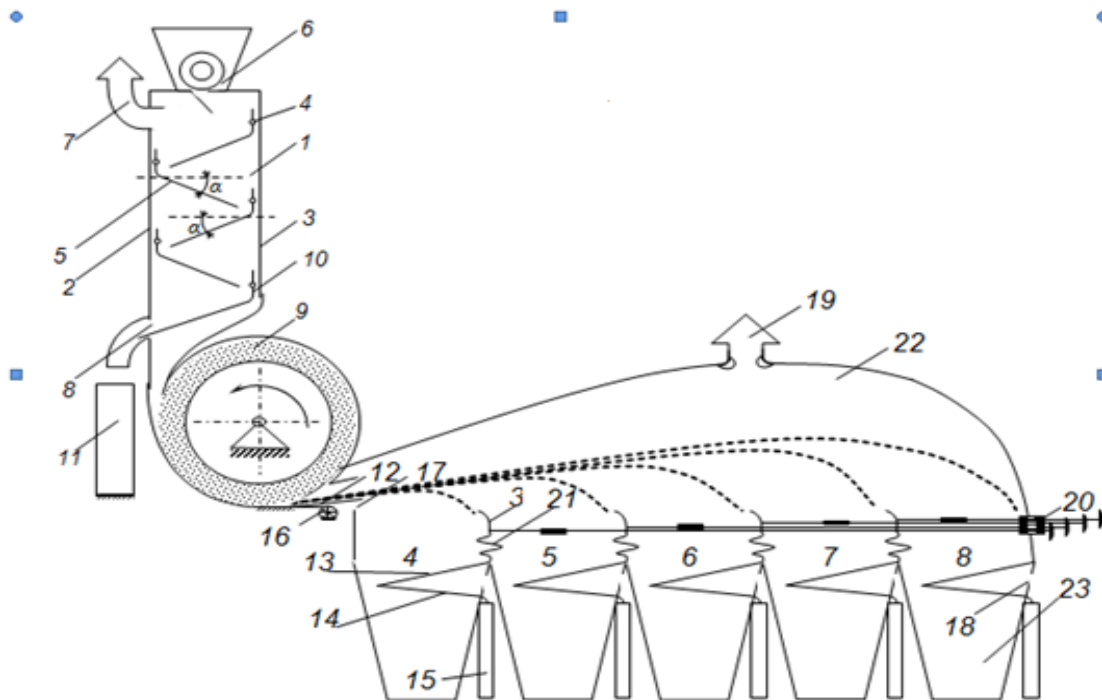
**The dependence of the change in the mass of 1000 seeds along the length of the fractionation chamber from the rotational speed of the supply roller when  $\alpha = 45^\circ$**

№	The frequency of rotation of the feed roller r/m	Parts and the length of the fractionation chamber, in meters								
		9	8	7	6	5	4	3	2	1
		0,3-1,3	1,3-1,7	1,7-2,1	2,1-2,5	2,5-2,9	2,9-3,3	3,3-3,7	3,7-4	4-4,5
1	450	20,7	23,8	27,3	29,4	32,1	34,8	36,7	39,2	41,4
2	400	22,5	26	29,1	31,6	34,8	37,2	38,7	40,3	
3	300	25,2	29,5	32,2	34,3	36,9	38,4	39,8		
4	250	27,4	30,8	33,3	36,2	37,7	39,4			

The maximum force acting on each grain upon impact with the surface of the shelves in the approved technical specification of the machine separation and fractionation is proportional to its speed, mass and is equal to  $F = 15 H$ . The damage of local varieties of grain occurs at loads more than 80 H.

A significant advantage of using machines for the separation and fractionation is that when processing the wet mixture reduced grain moisture grain up to 3% contained in the surface layer of membranes.

Given the theoretical and experimental studies created an industrial design machine for the separation and fractionation of the grain mass (Fig. 10) and introduced in production.



**Fig. 10 technological scheme of combined separator**

In the fifth Chapter – «**The technical and economical reasons of creation of a new machine for the separation and fractionation of grain**» the technical and economic parameters of the proposed machine in comparison with a serial machine are given, and received annual pure profit in a form of discount profit is calculated.

The results of calculation of economic efficiency and comparative data used and the proposed machines are shown in table 3.

**Table 3.**

**Summary indicators of economic efficiency of the use of the machine for separation and fractionation of grain**

№	Indicators	Measures	Variants	
			Separator encore	Experiment
1.	The value of one machine (A1 Бие-12; РЗБКТ-100; А1БЗК-18, У1БМП and the suction channel)	Sum	136000000	17000000
2.	Number of machines	Sum	4	1
3.	The value of all machines	Sum	554000000	17000000
4.	The hourly output of one machine	t/h	12	15
5.	Annual output	t	65000	81000
6.	Operating costs, including electricity	Sum/t	2213	523,45
		Sum/t	242,2	51,7
7.	Operating cost savings	Sum/t	-	1689
8.	The degree of reduction of operating costs	%	-	76,3
9.	Specific consumption	Kg/t	0,041	0,019
10.	The degree of reduction of the material	%	-	53,1
11.	Additional income from the introduction of a new mashine	Sum	-	460320000
12.	Annual cost savings	Sum	-	136809000
13.	The payback period of additional investment	Years	-	1,3
14.	Production area	m <sup>2</sup>	81	18
15.	Operating costs for the maintenance of 1 m <sup>2</sup> of production area	Sum	8100000	1800000

Along with the economic effect, high processing quality of the grain mixture is gained. By improving the quality of the process and exclusion of defected grains, the seeds number increases.

## CONCLUSION

1. New design of machines for separation and fractionation of grain crops, which combined cell separation and fractionation of grain, allowing to increase the performance of the machine and the quality of cleaning of the grain mixture from impurities and fractionation grain for the masses to exclude his injury, reduce material and energy consumption, as well as, to take a relatively small production area was worked out.

2. The mathematical model and method of calculation of the movement of the grain mixture in the chambers of the machine for separation and fractionation of the grain mass to determine the value of kinematic and geometric parameters of the main working bodies were worked out.

3. The design parameters of the inclined perforated shelves and lower shelves shaking on the basis of the equations of motion of the grain along the surfaces of inclined perforated shaking shelves and bottom shelves for cleaning grain from light impurities and large mixtures were revealed.

4. Rational parameters of inclined perforated and lower shaking shelves with a capacity of 7,5 t/h: the width of inclined shelves is 500 mm; the length of the inclined shelf is 400 mm; the angle of slope of the shelf is  $\alpha = 23^\circ$ ; length of the lower sloping shelves – 430 mm, which allowed the movement of the grain mixture along the surfaces of the shelves by gravity with one layer, that provided separating of organic and mineral matter and shells of the grain.

5. It was established that on the basis of developed methods of mathematical modeling and experimental studies of dimensions, the perforations of perforated shelf for slant – 4 mm, lower shelf for shaking 7 mm, the width of the ducts of the aspiration channel 20 mm, height 1500 mm, air flow velocity of 7 m/s, which provided the absorption of light impurities, through the perforations and the suction channels, the separation of large impurities in a separate container and even loading the corn into the chamber of the supply roller.

6. Design parameters of the feeding roller depending on the process requirements and machine performance on the basis of mathematical modeling, which was a diameter of 350 mm, a width of 500 mm and speed 450 r/m, ensuring a smooth takeover of the grain and uniformly the same initial speed of its flight ( $v = 6,28\%$ ) were defined.

7. Differential equations, to determine the total height «h» and length of flight of a grain «L», depending on the initial speed of flight of grain from the feed roller, the angle of inclination of the guide tray, the drag coefficient of the air from the grain mass, and the characteristics of local varieties of grain.

8. It was found, that when the angle of inclination of the guide tray  $\alpha = 45^\circ$  depending on weight of grain, the height of its flight ranges from 0,2 to 1 m, and the length of flight of a grain «L» ranges from 1,5 to 4 m. These options allow you to divide grain into several fractions according to the mass to reduce its moisture content from 2% to 3%, and fully clean grain from various impurities.

9. Physical -mechanical properties of local varieties of grain in regions of the country, which allow us scientifically substantiate the parameters of the new machines, created the separation and fractionation of the grain excluding the injury of local varieties of grain.

10. On the basis of the results of research, it was manufactured and introduced into the production a new design of machine for the separation and fractionation of crops with scientifically based options were developed. The implementation of which in manufacture have improved the performance of the machine.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ-  
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ-  
LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Баракаев Н.Р., Мирхоликов Т.Т. Усовершенствование процесса и модели очистки зерна от примеси // Химия и химическая технология, научно технический журнал. 2005. №4. - С. 68-69. (02.00.00. №3)
2. Баракаев Н.Р., Мирхоликов Т.Т. Очистка зерна от примесей по аэродинамическим свойствам // Химия и химическая технология, научно технический журнал. 2005. №4.- С. 16-18. (02.00.00. №3)
3. Баракаев Н.Р., Мирхоликов Т.Т. Влияние расхода и скорости воздуха на технологический процесс очистки зерна // Химия и химическая технология, научно технический журнал. 2005. №4. С.18-20.(02.00.00. №3)
4. Баракаев Н.Р., Мирхоликов Т.Т. Факторы, влияющие на процесс измельчения зерна в вальцовом станке // Химия и химическая технология, научно технический журнал. 2005. №4. - С. 20-23. (02.00.00. №3)
5. Баракаев Н.Р. Повышение эффективности зерноочистительных механизмов и машин // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. 2012. №3. - С. 32-35. (02.00.00. №8)
6. Баракаев Н.Р., Ризаев А.А., Бахадиров Г.А., Акромов А.А. Определение сил действующих на частицу в приёмной камере комбинированного сепаратора при очистке зерна от легких примесей // Проблемы механики. 2012. №4. - С. 29-33. (05.00.00. №6)
7. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А., Акромов А.А., Ражабов А.Н. Методика определения длины полета зерновой смеси в комбинированном сепараторе // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. 2012. №6. - С. 26-29. (02.00.00. №8)
8. Баракаев Н.Р., Ризаев А.А., Акромов А.А., Бердиев А.Н. Расчет движения частиц зерна различной массы в комбинированном сепараторе // Химия и химическая технология, научно технический журнал 2012. №4. - С. 65-68. (02.00.00. №3)
9. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А., Ризаев А.А. Шин И.Г. Комбинированный сепаратор для фракционного разделения сыпучих материалов // «Вестник машиностроения» научно-технический журнал. Москва 2013. №8. С. 46-49. (05.00.00. №13)
10. Баракаев Н.Р., Акромов А.А., Раджабов А.Н., Бердиев А.А. Элементы теории пневмосепарирования питающего устройства сепаратора зерна // Химия и химическая технология, научно технический журнал 2013. №1. - С. 63-67. (02.00.00. №3)
11. Баракаев Н.Р., Акромов А., Бердиев А.А., Раджабов А.Н. Определение структурно-механические свойств местного сорта зерна // Химия и химическая технология, научно технический журнал 2015. №1. - С. 74-78. (02.00.00. №3)
12. Баракаев Н.Р., Мирхоликов Т.Т. Дон хоссалари ва ун сифати // Ўзбекистон, Қишлоқ хўжалиги. 2005. №4. - Б. 27. (05.00.00. №8)

13. Баракаев Н.Р., Серкаев К.П. Эффективности производства комбикормов // Қишлоқ хўжалиги. 2006. №5. Б. 27. (05.00.00. №8)
14. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А., Ражабов А.Н., Шернаев А.Н., Бердиев О. Определение движения зерновых смесей в камере фракционирования // Композиционные материалы узбекский научно-технический и производственный журнал. 2016. №1. - С. 77-80. (02.00.00. №4)
15. Баракаев Н.Р. Повышение эффективности зерноочистительных машин при получении качественной муки // Композиционные материалы узбекский научно-технический и производственный журнал. 2016. №1. - С. 57-59. (02.00.00. №4)
16. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А., Ражабов А.Н. Методика определения высоты камеры фракционирования комбинированной машины // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2016. №1-2.- P.64-67. (02.00.00. №2)
17. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А., Ражабов А.Н. Методика определения длины полета частиц различных массе зерна в комбинированном сепараторе // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2016. №1-2. P. 68-71. (02.00.00. №2)

#### **II бўлим (II часть; II part)**

18. Баракаев Н.Р. Методика определения конструктивных параметров комбинированной машины для сепарации и фракционирования зерна // European Applied sciences Germany ORT publishing. 2016. №1. - С. 54-56.
19. Barakaev N.R., Bahadirov G.A. Study of grain motion parameters on a sloping shelf. ISBN print: 9783038356639. Applied Mechanics and Materials Vols. 809-810 (2015). ISSN: 1662-7482. Innovative Manufacturing Engineering 2015. Trans Tech Publications, Switzerland. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.809-810.51 PP. 51-56.
20. Barakaev N.R., Bahadirov G.A., Rizaev A.A. Modelling of movement of particles of various weights in the division chamber // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. Наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. Вип. 1, 2 (44). – 290 С. 271-277.
21. Баракаев Н.Р., Ражабов А.Н., Акромов А., Бердиев А.А. Технологические принципы повышения производительности комбинированного сепаратора // ГулДУ ахборотномаси. – Гулистон. 2013. №1. Б. 49-55.
22. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А., Бердиев О., Ражабов Р.Н. Методы математического описания технологического процесса в комбинированном сепараторе // ГулДУ ахборотномаси. – Гулис-тон. 2014. №3. С. 1-5.
23. Бахадиров Г.А., Баракаев Н.Р., Хусанов К.Б. Управление движением листового материала в устройстве расправки складок при транспортировании // Вестник ТулГУ, Автоматизация: проблемы, идеи, решения. В 2-х частях. Часть 1. Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. С.180-183.
24. Barakaev N.R., Bahadirov G.A. Study of Grain Motion Parameters on a Sloping Shelf. // Innovative manufacturing engineering international conference. IManE 2015 International Conference, May 21-22, 2015, Iaei, Romania. [http:// www. imane.ro/conference-program](http://www.imane.ro/conference-program)

25. Баракаев Н.Р., Мирхоликов Т.Т. Маҳаллий бугдой донларининг механик хоссаларини ун ишлаб чиқаришига таъсири // Халқаро илмий амалий анжумани «Озиқ-овқат хавфсизлиги». Ташкент - 2005.- Б. 155-158.
26. Баракаев Н.Р., А.Н. Шернаев, Б.Т. Ҳамидов Повышение эффективности зерноочистительных систем на основе с использованием щеточного механизма // Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы механики». Ташкент -2009. 2-том, С. 65-68.
27. Баракаев Н.Р., Шернаев А.Н. Аналитическое определение сил реакций в зерноочистительном ситочном механизме // Сборник трудов республиканской научно-технической конференции «Технологии переработки местного сырья и продуктов». Ташкент - 2009. С. 306-309.
28. Баракаев Н.Р., Шернаев А.Н. Очистка и разделение на фракции по физико-механическим свойствам основного компонента зерна // Сборник трудов республиканской научно-технической конференции “Умидликимёгар - 2010”. Ташкент - 2010. С. 142-143.
29. Баракаев Н.Р., Шернаев А.Н. Очистка и разделение на фракции по физико-механическим свойствам основного компонента зерна // Международная научно-техническая конференция «Совре. техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». Навои -2010. С. 237-239.
30. Бахадиров Г.А, Ризаев А.А, Баракаев Н.Р., Набиев М.Б Математическая модель машинного агрегата с клиноременным // Материалы XVIII международной научно-технической конференции «Прикладные задачи математики и механики». Севастополь - 2010. С. 178-181.
31. Баракаев Н.Р., Курбанов З.С, Акромов А., Бердиев А. Сортирование и разделение зерна на фракции под действием центробежных сил по физико-механическим свойствам // Материалы международной научно-технической конференции «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». Навои - 2010. С. 137-138.
32. Баракаев Н.Р., Бердиев. О. Раджабов А.Н Очистка и фракционирование зерна в комбинированном сепараторе при получении качественной муки комбикормов // Материалы региональной центрально азиатской между. конференции по химической технологии. Москва - 2012. С. 393-395.
33. Баракаев Н.Р., Курбанов З.С, Акромов А., Моделирование движения частиц различных масс в камере разделения.// Материалы региональной центрально азиатской международной конференции по химической технологии. Москва -2012. С. 396-398.
34. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А., Ризаев А.А. Определения основных параметров комбинированного сепаратора // Сборник трудов XVII международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века». Донс.НТУ. 2014. том1. С.121-124.
35. Баракаев Н.Р., Раджабов А.Н., Шернаев А.Н., Бердиев А.А. Анализ структурно-механических свойств местного сорта зерна. // Сборник трудов республиканской научно-практической конференции «Табиий бирикмалардан қишлоқ хўжалигида фойдаланиш истиқболлари». Гулистон, 2013. С. 163-165.

36. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А. Разработка конструкции нового очистителя // Труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Айталиева Ш.М. ISBN 978-601-207-682-0/ С КазАТК. Алматы, 2015. - 539с. С. 281-284.
37. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А. Разработка новой технологии и оборудования для очистки и сортирования зерна // Материалы Международной научной конференции “Наука, техника и инновационные технологии в эпоху могущества и счастья” «Berkarar döwletimiziň bagtyýarlyk döwründe ylym, tehnika we innowasion tehnologiýalar» atly halkara ylmy maslahatyň nutuklarynyň gysgaça beýany, I tom. – Ashgabad.: Ýlym, 2015. С. 101-103.
38. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А., Шернаев А.Н. Вопросы автоматизации процессов очистки и разделения зерна на фракции // Материалы международной научно-технической конференции «Автоматизация: проблемы, идеи, решения». Севастополь, 2015. С. 141-145.
39. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А., Ризаев А.А. Определения основных параметров комбинированного сепаратора // Сборник трудов XVII международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века». Донс.НТУ. 2014. Том 1. С.121-124.
40. Баракаев Н.Р., Шернаев А.Н., Бахадиров Г.А. Динамика движения зерна при очистке // Сборник статей участников VIII международной научной конференции «Инновации в технологиях и образовании». Филиал КузГТУ в г. Белово. – Белово, 2015. С.136-139.
41. Баракаев Н.Р., Бахадиров Г.А. Технология и оборудование для очистки и сортирования зерна // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и экономика в Машиностроении». Юргинский технологический институт. – Томск. 2015, ISBN 978-5-4387-0568-0. С. 453-457.
42. Бахадиров Г.А., Хусанов К.Б., Абдукаримов А., Баракаев Н.Р., Набиев А.М. Исследование управляющего воздействия на технологический процесс // Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века». Севастополь, 2015. С. 177-180.
43. Баракаев Н.Р., Сафаров Т.Т., Бахадиров Г.А., Исмаилов Э.Г., Элманов А.Б. Исследование движения зерновой смеси в камере сепарирования и фракционирования. “Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготежамкор ва инновацион ечимлари” республика илмий-техник анжумани. Фарғона, ФарПИ, 2016. С.68-69.
44. Бахадиров Г.А., Абдукаримов А., Баракаев Н.Р., Хусанов К.Б., Сайдахметова Н.Б., Умаров А.А. Управление подачей листового материала в зону обработки с клиноременным вариатором. “Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготежамкор ва инновацион ечимлари” республика илмий-техник анжумани. Фарғона, ФарПИ, 2016. С.80-81.

Авторефератнинг ўзбек, рус ва ингилиз тиллари мувофиқлаштирилди ва матн таҳрир қилинди.

Подписано в печать .....г. Формат 60x84.<sup>1/16</sup>  
Гарнитура “Таймс”. Печ.лист 4,75. Тираж 100 экз. Заказ № 501  
Отпечатано в типографии ТИТЛП.  
г.Ташкент, ул. Шахжахон 5.