

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.04.01
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

АБДУРАХИМОВА АЗИЗА УРАЗАЛИЕВНА

**ҚАТТИҚ ЖИСМ-ҚАТТИҚ ЖИСМ АРАЛАШМАЛАРИНИ УЧ
ФАЗАЛИ МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМДА АЖРАТИШ УЧУН
САМАРАЛИ ҚУРИЛМА ЯРАТИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат
ишлаб чиқариш жараёнлари ва аппаратлари**

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

Тошкент – 2018

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Абдурахимова Азиза Уразалиевна

Қаттиқ жисм-қаттиқ жисм аралашмаларини уч фазали мавҳум қайнаш қатламда ажратиш учун самарали курилма яратиш..... 3

Абдурахимова Азиза Уразалиевна

Разработка эффективного аппарата для разделения смеси твердое тело-твердое тело в трехфазном псевдооживленном слое..... 19

Abdurakhimova Aziza Urazalievna

Separation of a solid-solid mixture in a three-phase fluidized bed and development of efficient apparatus..... 35

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 38

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.04.01
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

АБДУРАХИМОВА АЗИЗА УРАЗАЛИЕВНА

**ҚАТТИҚ ЖИСМ-ҚАТТИҚ ЖИСМ АРАЛАШМАЛАРИНИ УЧ
ФАЗАЛИ МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМДА АЖРАТИШ УЧУН
САМАРАЛИ ҚУРИЛМА ЯРАТИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб чиқариш жараёнлари ва
аппаратлари**

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

Тошкент – 2018

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.2.PhD/T256 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати учта тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида www.tkti.uz ва «ZiyoNET» ахборот-таълим порталида www.ziyo.net жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Нурмухамедов Хабибулла Сағдуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Баракаев Нусрат Раджабович
техника фанлари доктори, доцент

Рахмонов Тоир Зоирович
техника фанлари доктори

Етакчи ташкилот:

«Ўзбеккимёмаш заводи» АЖ

Диссертация химояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.04.01 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик Илмий кенгаш «___»_____2018 йил соат___ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар, Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўч., 32. Тел.: (99871)244-79-20, факс: (99871)244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz. Тошкент кимё-технология институти Маъмурий биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўч., 32. Тел.: (99871)244-79-20).

Диссертация автореферати 2018 йил «___» _____ тарқатилди.

(2018 йил «___» _____ даги ___ рақамли реестр баённомаси).

С.М. Туробжонов

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

А.С. Ибодуллаев

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

Қ.О. Додаев

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бугунги кунда жаҳон миқёсида сабзавотларни етиштирилиши ўтган ўн йилларга нисбатан икки баробар ўсиб кетти ва 1150 млн. тоннани ташкил этади, уларнинг катта қисми илдиз ва туганак меваларга тўғри келади. Бу соҳада Хитой (580,7 млн.т), Ҳиндистон (121,0 млн. т), АҚШ (34,3 млн. т), Туркия (28,3 млн.т.), Эрон (23,7 млн.т), Миср (19,6 млн.т) каби мамлакатлар етакчилик қилади¹. Ушбу омил қайта ишланадиган маҳсулотлар сифатини тегишли истеъмол меъёрларига мос даражагача ошириш учун илмий тадқиқотлар мева ва сабзавотларни қайта ишлаш технологияларни такомиллаштириш ва янги самарадор жараён ва қурилмаларни яратишга йўналтирилган.

Бугунги кунда жаҳонда мунтазам илдиз ва туганак меваларни қайта ишлаб озиқ-овқат қуқунини олиш, маҳаллий хомашёдан тўлиқ ва самарали фойдаланиш, шунингдек чиқитларни камайтириш, илдиз ва туганак меваларни тозалаш ва ювиш жараён ва қурилмаларни жадаллаштиришда иссиқлик элткични ҳайдаш учун энергияни сарфини пасайтириш долзарб вазифалардан ҳисобланади. Илдиз ва туганак меваларни қайта ишлаш бўйича тадқиқотларни амалга оширишда битта қурилмада бир нечта жараённи минимал энергетик сарф билан олиб бориш, ноанъанавий юқори самарали хом-ашёни қайта ишлаш учун мобил технологияларни яратиш, маҳсулотнинг рақобатбардошлиги ошириш, ҳаражат ва таннархини камайтириш ҳамда хом-ашё ва маҳсулотлардан самарали фойдаланиш йўналишида илмий ишлар олиб борилмоқда.

Республикамизда асосий эътибор озиқ-овқат саноатининг етакчи тармоқлари, хусусан маҳаллий хомашёни кам чиқитли, шу жумладан илдиз ва туганак меваларни тўлиқ қайта ишлаш ва озиқ-овқат қуқунини олиш учун юқори самарадорликка эга бўлган жараён ва қурилмалардан иборат янги кичик мобил технологиялар ва жиҳозларни яратишда муайян натижаларга эришилди. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, «саноатни сифат жиҳатидан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хомашё манбаларини чуқур қайта ишлаш, тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ўзлаштириш»² вазифалари белгилаб берилган. Бу борада янги, замон талабларига жавоб берувчи, илдиз ва туганак меваларни қайта ишлаш технологиясида тежамкор жараён ва қурилмаларни яратишни тадқиқотига меваларни тўлиқ қайта ишлаш ва ярим тайёр маҳсулотларни олиш қаратилган илмий изланишлар муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2016 йил 12 апрелдаги ПҚ-2520-сон «Мева-сабзавот маҳсулотлари, картошка ва полиз экинларини сотиб олиш ва фойдаланиш тизимини такомиллаштириш бўйича тадбирлар тўғрисида»ги Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2015 йил 29 августдаги 251-сон «Ўзбекистон Республикаси аҳолисини 2015-2020 йил

¹ <http://xn--80aplem.xn--p1ai/en/analytics/Mirovoj-rynok-ovosej-i-bahcevyh-kultur/>.

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

ларда сифатли озиқ-овқат билан таъминлаш бўйича тадбирлар коцепцияси ва комплексини тасдиқлаш тўғрисида»ги, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ва 2015 йил 4 мартдаги УП-4707-сон «2015-2019 йилларда ишлаб чиқаришни таркибий қайта ўзгартириш, модернизациялаш ва диверсификациялашни таъминлаш бўйича тадбирлар дастури ҳақида»ги фармон ва қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Уч ва икки фазали мавҳум қайнаш системали қурилмаларнинг математик ва физик моделлаш бўйича В.Г. Айнштейн, Н.И. Гельперин, А.А. Заминян, М.К. Захаров, В.Б. Кваша, И.П. Мухленов, О.С. Балабеков, А.С. Тимонин, В.М. Рамм, С.П. Рудобашта, И.П. Левш, Ҳ.С. Нурмухамедов, С.К. Ниғмаджонов, А.А. Артиқов, И.И. Юнусов ва бошқалар илмий тадқиқот ишлари олиб боришган.

Олиб борилган илмий тадқиқот ишлари натижасида уч ва икки фазали системаларда мавҳум қайнаш қатламнинг гидродинамикаси, иссиқлик- ва массаалмашилишга асосланган усул ва қурилмалари ишлаб чиқилган. Майда заррачаларни суюқликда пастдан газ билан мавҳум қайнаш, газ ва суюқ фазаларни қарама-қарши ҳаракатида насадканинг йирик енгил элементларини турбулент мавҳум қайнаш, шунингдек суюқ фазани пастдан тақсимлаш панжарадан узатиш чуқур ўрганилган. Хусусан, илдиз ва туганак меваларни тозалаш ва ювиш жараёнларини жадаллаштириш ҳамда юқори самарадор қурилмаларни ишлаб чиқаришга тавсия этилган.

Шу билан бирга илдиз ва туганак меваларни қайта ишлашда юқори самарали технологиларни яратиш бўйича тозалаш, «мева-пўст» аралашмасини ажратиш ва илдиз ва туганак меваларни ювиш учун жадаллаштирилган усуллар ва самарали аппаратлари, уларнинг технологик, амалий, экологик ва иқтисодий жиҳатларини ўрганиш ҳамда кейинчалик хомашёни кам йўқотилиши ва кам энергетик харажатлар билан озиқ-овқат кукунларини олиш борасидаги тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институти илмий тадқиқот режасининг №24/03-сон «Полиз экинлари маҳсулотларини уруғидан ва меваларни уруғи, данагидан тозалаш учун ускуналар ишлаб чиқиши» ва №4/16-сон «Озиқ-овқат кукунлари ва толалари олиш учун илдиз меваларни қайта ишлашни юқори самарали, чиқитсиз технологиясини ишлаб чиқиш» (2011-2017йй.) мавзуларидаги хўжалик шартномалари, шунингдек «Озиқ-овқат пюрелари ва кукунларини олиш мақсадида кам қувват сарфлаб илдиз

меваларни қайта ишлашнинг чиқиндисиз ва ноанъанавий технологияларини ишлаб чиқиш» лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади уч фазали мавҳум қайнаш қатламда «қаттиқ жисм-қаттиқ жисм» ҳар ҳил жинсли аралашмани ажратиш усули ва қурилмасини яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

самарали ва нисбатад паст гидравлик қаршиликка эга бўлган тақсимловчи панжара конструкциясини яратиш;

босимни бир зумда тушуриш усулида тозаланган ва ҳосил бўлган мева ва пўстнинг физик-механик ҳоссаларини аниқлаш;

уч фазали мавҳум қайнаш қатламда критик тезликларини ва қатлам мавжуд бўлиш чегараларини аниқлаш;

«мева-пўст» аралашмасини бир вақтнинг ўзида ажратиш, ювиш ва майда заррачаларни чўктириш технологик жараёни ва қурилмасини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти турли ҳил илдиз ва туганак «мева-пўст» турли жинсли аралашмалари.

Тадқиқотнинг предмети қаттиқ турли жинсли аралашмани ажратиш ва мевани ювиш учун уч фазали мавҳум қайнаш қатлам қурилма конструкцияси.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида суюқ ва газ сарфи, материал массаси, температураси, чизиқли ўлчамлари ва гранулометриқ таркибини ўлчаш стандарт умумқабул қилинган ўлчаш усуллари ёрдамида ўтказилди ва тадқиқот натижаларни қайта ишлаш ва умумлаштиришда суюқлик ва газлар гидродинамикасининг асосий қонун ва формулалардан фойдаланиб, график шарҳлари MS Word, MS Excel дастурлари пакетидан, шунингдек Matlab ва Mathcad операцион математик муҳитда бажарилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қайта ишлаш технологиясида «мева-пўст» аралашмасини ажратиш ва мевани ювиш учун «эрлифт» эффектга эга уч фазали мавҳум қатлами аниқланган;

уч фазали мавҳум қайнаш қатламда мавҳум қайнаш бошланиш $w_{пс}$ ва учиб чиқиш $w_{ун}$ тезликларини ҳисоблаш учун умумлаштирувчи юқори аниқликка эга формулалар яратилган;

босимни бир зумда пасайтириш усулида тозаланган мева ва чексиз юпқа кўринишдаги пўстнинг физик-механик ҳоссалари аниқланиб, бир вақтда уч фазали мавҳум қайнаш қатламда ажратиш, ювиш ва чўктириш жараёнининг физик модели ишлаб чиқилган;

оқим ўтишининг осцилланган режимни ҳосил қилувчи секцияланган тақсимловчи панжаранинг конструкцияси ишлаб чиқилган;

«мева-пўст» аралашмасини уч фазали мавҳум қайнаш қатламда ажратиш жараёни учун усул ва қурилма яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари:

уч фазали мавҳум қайнаш қатламда мавҳум қайнаш бошланиш $w_{пс}$ ва учиб чиқиш $w_{ун}$ тезликлари пўстнинг эквивалент диаметрига $d_э$ ва газ ва суюқ фазалар нисбатига $\Gamma:Ж=0,15:1-0,25:1$ боғлиқлиги аниқланган;

пўстнинг шакл фактори Φ , эквивалент диаметри d_3 , мевадан пўстни ажратиш кучи F , ишланаётган объектнинг ички ишқаланиш бурчаги χ , ҳамда иккала фаза бўйича қурилманинг ўтказиш даражаси кўрсатилган;

тўғри олти бурчак марказида эллипссимон катта кўндаланг кесимли тешик, чўққилари бўйича – кичик эллипссимон тешиклар жойлашган n -та секциядан иборат бўлган ва $F_6/F_M=0,4-1,33$ нисбатни таъминлайдиган тақсимловчи панжара конструкцияси ишлаб чиқилган;

«қаттиқ жисм-қаттиқ жисм» аралашмасини ажратиш учун уч фазали мавҳум қайнаш қатламли аппаратларни ҳисоблаш учун илмий асосланган муҳандислик услуги ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги адекват физик модели ва ҳисоблаш алгоритмлари мавжудлиги, ярим саноат аппаратидаги синовларда олинган экспериментал натижаларни назарий натижаларга мослиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларини илмий аҳамияти шундан иборатки, «мева-пўст» турли жинсли аралашмани уч фазали мавҳум қайнаш қатлам усулда ва газсуюқ оқимининг осцилланган тезликни ҳосил қилувчи секциялардан иборат панжарали қурилмада ажратиш учун энергетик самарадор усулини қўллаш ва бир вақтда ўтадиган гидромеханик жараёнларни (ажратиш, ювиш ва чўктириш) очиқ берадиган физик моделини асослаш билан белгиланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, физик-механик ҳоссалари кескин ажралиб турувчи турли жинсли аралашмани ажратиш учун уч фазали мавҳум қайнаш қатлам қурилмаси ишлаб чиқилиб, технологик жараён ва қурилмаларнинг сонини, металл сарфини, энергетик ва моддий ҳаражатларни камайтиришга, ва ишлаб чиқаришдаги эгаллаган жойини қисқартиришга имкон бериши билан белгиланди.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши: «Қаттиқ жисм-қаттиқ жисм» турли жинсли аралашмани уч фазали мавҳум қайнаш қатламда ажратиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

«Асептик усулда консерваланган сабзаёт пюрелари»га техник шартлари «Ўзстандарт» Агентлиги томонидан тасдиқланган (Ts 20155874-01:2016 2016 йил 21 декабрдаги 112/005974-сон билан Давлат рўйхатиغا киритилган). Натижада илдиз мевалардан саноат миқёсида кимёвий таркибини максимал даражада сақлаб қолган ҳолда пюре олиш имконини берган;

«қаттиқ жисм-қаттиқ жисм» аралашмани уч фазали мавҳум қайнаш қатламда ажратиш учун мўлжалланган аппарат «Ўзбеккимёмаш заводи» АЖда жорий қилинган («Ўзбеккимёмаш заводи» АЖнинг 2018 йил 9 январдаги №08/12-023-сон маълумотномаси). Натижада ажратиш, ювиш ва чўктириш жараёнларини битта аппаратда олиб бориш имконини берган;

ярратилган гидроклассификатор асосида асептик усулида консерваланган сабзаёт пюреларини олиш технологияси «Xiva-Oazis» МЧЖда жорий қилинган («Ўзбеккимёмаш заводи» АЖнинг 2018 йил 9 январдаги №08/12-023-сон маълумотномаси). Натижада технологик жараён иқтисодий самарадорлигини 25%га ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 7 халқаро ва 3 республика илмий-амалий конференцияларда маъруза кўринишида баён этилган ҳамда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси ва материаллари бўйича жами 18 та илмий иш чоп этилган, шулардан 3 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 5 та мақола, 3 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўрта боб, хулоса, фойдаланган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг 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 очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Қаттиқ жисм-қаттиқ жисм»** аралашмасини ажратиш олиш муаммоларини бугунги ҳолатини таҳлил қилиш» деб номланган биринчи бобида қаттиқ системаларни уч фазали мавҳум қайнашқатламда (УФМҚҚ) ажратиш ва жараённинг гидродинамикаси, ҳамда гидроклассификациялаш жараёнини амалга оширувчи жараён ва қурилмаларнинг бугунги аҳволи ва ривожланиш истиқболлари кўриб чиқилган. Муаммонинг таҳлили шуни кўрсатики озиқ-овқат маҳсулотларни, шу жумладан, илдиз ва туганак меваларни мавжуд бўлган барча қайта ишлаш технологиялар юқори сув сарфга ва қимматбаҳо хомашёнинг катта йўқотилиши муаммоси мавжудлигини кўрсатди. Самарали усуллардан фойдаланилиши сув сарфини ва энергияни тежашга олиб келади. Бундан ташқари, адабиёт таҳлили «мева-пўст» аралашмасини ажратиш учун уч фазали мавҳум қайнаш усули қўлланилмаганлиги ва саноат қурилмаларининг методик ҳисоблари йўқлигини кўрсатди. Бу эса саноат миқёсида юқори сифатга эга маҳсулотлар олиш технологиясини яратиш имкони йўқлигидан далолатдир. УФМҚҚ технологик потенциали озиқ-овқат саноатида қўлланиши тўлиқ ўрганилмаган. Патент, қишлоқ хўжалик хомашёсини қайта ишлаш соҳасида илмий ва амалий миллий ва халқаро тадқиқотлар масаланинг ҳозирги ҳолати таҳлили асосида тадқиқот мақсади ва вазифалари белгилаб олинди. Бобнинг охирида хулосалар келтирилган.

Диссертациянинг «**Экспериментал мослама, тажриба ўтказиш методикаси ва маълумотларни қайта ишлаш»** деб номланган иккинчи бобида илдиз ва туганак меваларни қайта ишлаш самарали технология

яратишда УФМҚҚ фойдаланишнинг мақсадга мувофиқлиги илмий-назарий жиҳатдан асосланган; қайта ишланаётган объектларнинг «мева-пўст» аралашмасини ажратиш учун мўлжалланган экспериментал мосламанинг изоҳи келтирилган. Яратилган мослама экспериментал тадқиқотларни режим параметрларини кенг ўзгариш диапазонида ўтказиш имконини беради: эквивалент диаметр $d_э$, сув ва ҳаво сарфлари $V_в$ и $V_{возд}$, сув ва ҳаво тезликлари $w_в$ и $w_{возд}$, шакл фактори Φ ва газ ва суюқлик нисбати $\Gamma:Ж$. Турли ҳил илдизва туганак мевалар «мева-пўст» аралашмасини ажратиш учун тажриба ўтказиш учун услуги, ҳамда ажратишда қайта ишлаш объектининг физик-механик ҳоссалари ва жараённинг гидравлик йўқотишларни ҳисобга олувчи «мева-пўст» аралашмасини ажратишда маълумотларни қайта ишлаш методикаси ишлаб чиқилган.

Босимни бир зумда тушуриш усули (ББЗТУ)да тозаланган мева юзасидан қайта ёпишган пўстни ажратиш учун сарфланадиган куч F қийматининг таҳлили турли ҳилдаги илдиз ва туганак мевалар учун ушбу сон $F=0,3-3$ Н оралиғидалигини кўрсатди.

Катта эллипсимон тешиқларнинг кўндаланг кесими кичик эллипсимон тешиқлар кўндаланг кесимига нисбати $F_б/F_м=0,4-1,33$ бўлиб ясси осцилланган ҳаракатли оқим ҳосил қилиши аниқланди. Юкни қурилмадан чиқариш жараёнини автоматик тарзда олиб бориш учун қайта ишлаш объектларнинг ички ишқаланиш бурчаклари $\chi=5-25^\circ$ диапазонда эканлиги аниқланди.

Экспериментал тадқиқотлар қуйидаги ўлчам диапазонида олиб борилган: илдиз ва туганак меваларнинг юпқа пластина кўринишга эга бўлган пўстининг геометрик ўлчамлари 2,3x3 дан 50x50 мм ва қалинлиги $\delta=0,1-0,25$ мм.

Қаттиқ турли жинсли система қатламининг гидравлик қаршилигини ўлчаш учун сув тақсимловчи камерада жойлашган панжаранинг паст ва устидан корпусда ММН-240 микрометрни улаш учун махсус патрубклар жойлашган. Сув тезлиги $w_в=0,001-0,05$ м/с оралиғида, ҳавоник эса $w_{возд}=0,004-0,095$ м/с ўзгартирилган. Бу эса «мева-пўст» аралашмасини ажралиш даражасини оширишга, ҳамда сув ва уни элтиш учун энергияни тежашга олиб келади.

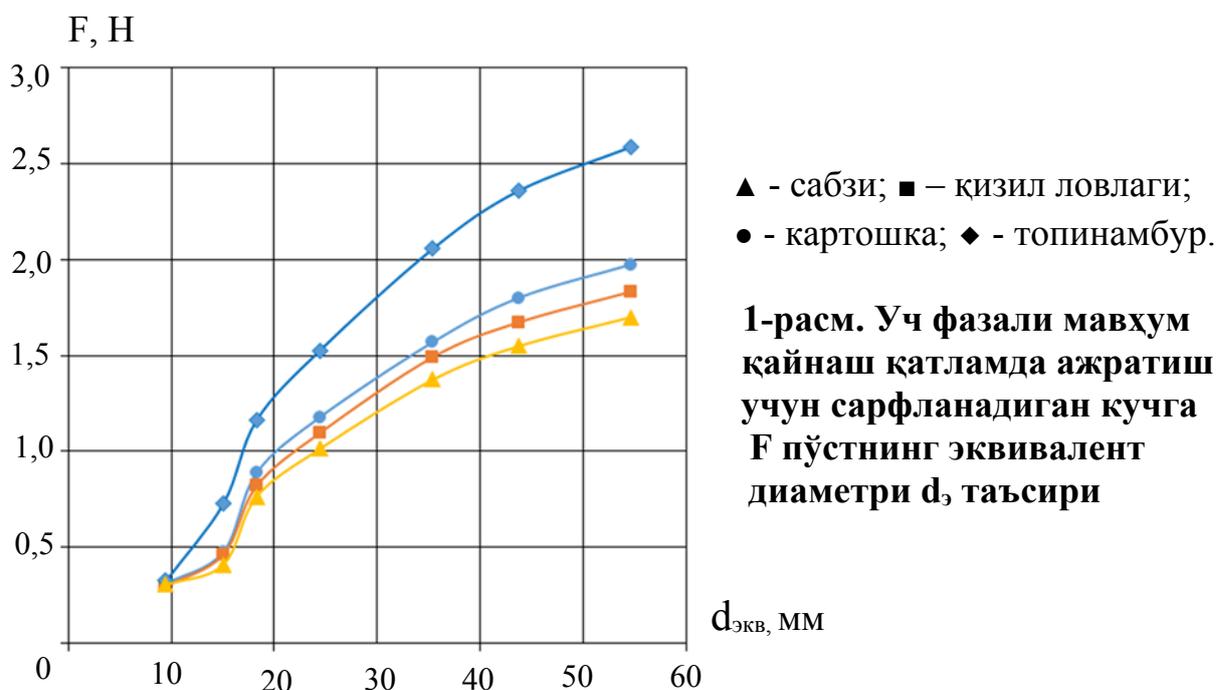
Диссертациянинг «**Қаттиқ турли жинсли системани уч фазали мавҳум қайнаш қатламда ажратиш**» деб номланган учинчи бобида «мева-пўст» аралашмасини ажратиш жараёнини ўрганиш ва жадаллаштириш бўйича ўтказилган экспериментал тадқиқотлар натижалари келтирилган. Илдиз ва туганак меваларни ББЗТУ тозалашда босимни тушургандан сўнг юпқа пленка кўринишида узиб олинган пўст тозаланган мева юзасига адгезион кучлар таъсирида қайта ёпишади ва йиғичга автоматик тарзда «мева-пўст» аралашмаси кеб тушади. Мева ва пўст орасидаги адгезион куч нисбатан катта бўлиб экспериментал тарзда аниқланишини талаб этади.

1-расмда турли илдиз ва туганак мевалар учун мева юзасидан қайта ёпишган пўстни катталигига нисбатан аниқланган ажратиш кучнинг F экспериментал натижалари келтирилган. Қаттиқ юзага парчалар ёпишиш даражасини ажратиш кучи билан аниқлаш мумкин.

Тадқиқотлар таҳлили функционал $F=f(d_э)$ кўринишга эга бўлиб ажратиш кучи пўстнинг катталигига ижобий таъсир этишини кўрсатади. Графикдан кўришиб турибтики, мева юзасига қайта ёпишган пўстни ажратишда энг катта куч топинамбур мевасига, энг кичик куч эса сабзига тўғри келади. Топинамбурдан қайта ёпишган пўстни ювиб ажратиш олиш учун пўстнинг ёпишган юзаси таъсири мисолида сарфланган куч кўрилади.

Демак, уч фазали мавҳум қайнаш қатламда ўлчами 2,5x4,5 мм бўлган пўстни ажратиш учун $F=0,32Н$, ўлчамлари 20x25 мм бўлган бўлакчаларга эса $F=1,52Н$ куч миқдори, пўст ўлчами 50x50 мм бўлганида эса ажратиш куч қиймати $F=2,59Н$ га мувофиқдир.

Мева юзасига адгезия куч таъсирида қайта ёпишган пўстни ажратиш учун газ-суюқлик оқимни осцилланган тезликда оқиб ўтиш мақсадида тақсимловчи панжара конструкцияси яратилди. Ушбу панжара тўғри олти бурчак марказида эллипсимон катта кўндаланг кесимли тешик, чўққилари бўйича – кичик эллипсимон тешиклар жойлашган секциялардандан иборатдир. Ясси оқим ҳосил бўлиши учун эллипс шаклидаги тешиклар танланган бўлиб босим градиентни ҳам ҳосил қилади.



Тешикларнинг ушбу схемада жойланиши ўзгарувчан тезликни ҳосил этишга имкон беради. Шу боис газ-суюқлик оқимнинг осцилланган ҳаракати вужудга келади ва пўстни тутиб учиб чиқишига олиб келади. Кўндаланг кесими, яъни тешиклар юзасининг улуши турли ϕ ва хар ҳил бурчакларда γ жойлашган секцияли тақсимловчи панжаранинг гидравлик қаршилигига тезлик таъсири аниқланди. Оқим тезлигини $w=8$ м/с гача оширганда секцияли панжаранинг гидравлик қаршилиги 7 баробардан ошишига олиб келади.

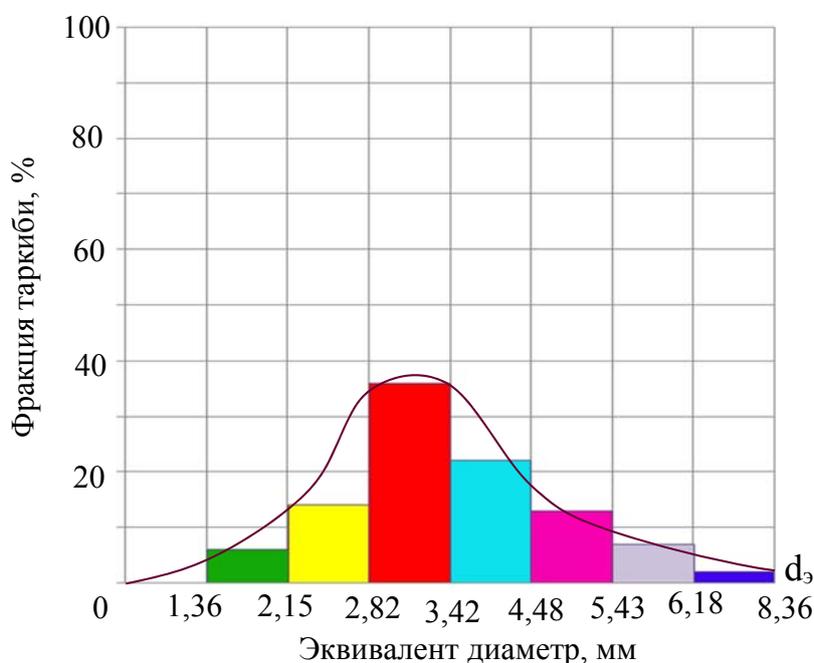
Тешиклар юзасининг улуши турли қийматга эга ϕ ва хар ҳил бурчакларда γ жойлашган «курук» секцияли тақсимловчи панжаранинг гидравлик

қаршилиги бўйича олинган экспериментал маълумотларни умумлаштирилган ҳолда қуйидаги кўринишдаги формула (1) келтириб чиқарилди:

$$\Delta P_{\text{сух}} = 9,53 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \cdot \varphi^{-0,46} \cdot \gamma^{0,2} \quad (1)$$

(1) формула қуйидаги қатор режимли параметрлари диапазониға тўғри келади: ҳаво тезлиги $w=0,1-25$ м/с, тешиқлар юзасининг улуши $\varphi=0,2-0,7$ ва панжаранинг жойлашиш бурчаги $\gamma=0-25^\circ$. Г:Ж ва Г:Ж:Т системаларда қатламни мавҳумлаштиришнинг асосий кўрсаткичи гидравлик қаршиликдир. Икки ва уч фазали мавҳум қайнаш қатламларнинг умумий гидравлик қаршилиги маълум формула ёрдамида аниқланади $\Delta P = \Delta P_{\text{сух}} + \Delta P_{\text{сл}} + \Delta P_{\text{ж.ст}} + \Delta P_{\sigma}$.

Турли ҳил илдиз ва туганак мевалар учун қайта ишлаш объектларнинг қатлам баландлиги гидравлик қаршиликка $\Delta P_{\text{сл}}$ бўлган таъсири аниқланди. Экспериментал натижаларға кўра қатламнинг гидравлик қаршилиги $\Delta P_{\text{сл}}$ топинамбур туганаги учун $\Delta P_{\text{сл}}=162$ Па, сабзига $\Delta P_{\text{сл}}=185$ Па, қизил ловлагига $\Delta P_{\text{сл}}=250$ Па, картошка $\Delta P_{\text{сл}}=275$ Па, ва, ниҳоят, қанд лавлагига $\Delta P_{\text{сл}}=440$ Па тенглиги аниқланди. Қатлам баландлиги H ўсиши билан гидравлик қаршиликнинг қиймати тобора ўсиб бориши аниқланди, яъни 40 мм дан 100 мм гача ўзгарган қатлам баландлиги учун $\Delta P_{\text{сл}}$ 160 дан 440 Па гача ўсиши кузатилди. Бунда қатлам ғоваклиги ε қайта ишланаётган объект туриға кўра $\varepsilon=0,37 - 0,45$ ораллиғида аниқланди.



2-расм. Пўст бўлакчаларининг гранулометриқ таркибини иффодалувчи эгри чизик

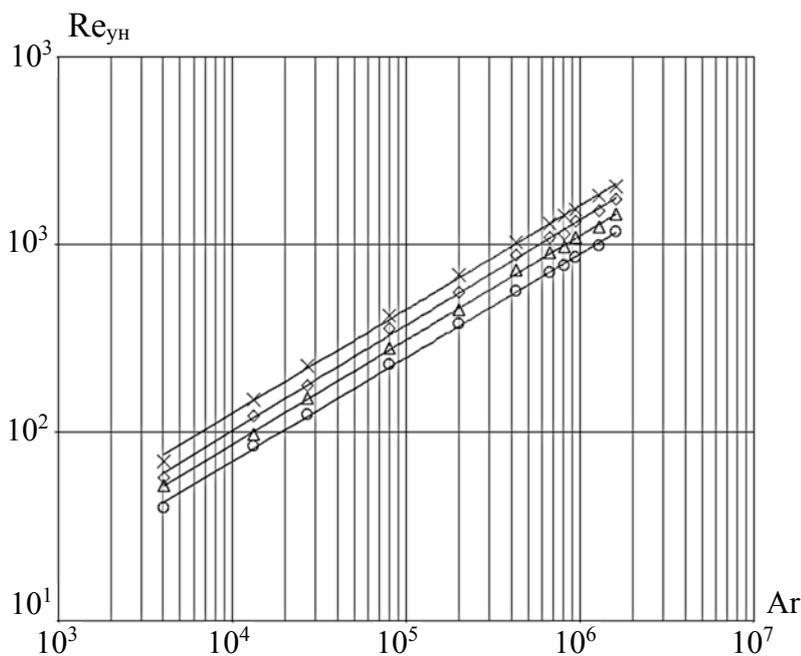
Панжара тешиқларининг эквивалент диаметри d_s сувнинг температураси $t=10-30^\circ\text{C}$ сирт таранглик коэффициенти туфайли ҳосил бўлган гидравлик қаршиликка бўлган таъсири ΔP_{σ} экспериментал маълумотлар олинган бўлиб, унга кўра панжара тешиги 3 мм дан 10,55 мм гача ошса гидравлик қаршилик

3,5 мартага камаяди, бунда сув температураси деярли ўз таъсирини кўрсатмайди.

Босимни бир зумда тушириш усулида илдиз ва туганак меваларни тозалаш натижасида ҳосил бўлган мева ва пўст аралашмасини ажратиш учун қўлланган уч фазали мавҳум қайнаш қатлами (УФМҚҚ) экспериментал маълумотлар ўта фойдали натижалар олишга берди. Изланишлар шуни кўрсатдики, зичликлари кескин фарқ қилувчи компонентлардан иборат бўлган турли жинсли аралашмани ажратиш учун нисбатан сув ва ҳавонинг кам сарфи ва паст тезлиги етарлилиги аниқланди.

«Мева-пўст» турли жинсли аралашмани ажратиш учун УФМҚҚ қўллаш икки фазалига нисбатан самарали, яъни эквивалент диаметр боғлиқлигига кўра 13-78% гача юқори эканлиги аниқланди. Мавҳум қайнашнинг бошланиш тезлиги икки ва уч фазали системалар учун олинган маълумотларини таққослаш натижасида $Re_{1,3-2,0}$ мартагача пасайиши аниқланди. Ушбу ҳолат газ оқимнинг нотўғри шакли жисмга бўлган самарали таъсири билан изоҳланади. 2-расмда БЗПУ ҳосил бўлган пўстнинг фракциявий таркиби гранулометрик кўринишда келтирилган.

Топинамбур туганаги (картошка, сабзи, қизил ва қанд ловлагилари) босимни бир зумда тушириш усулида тозалаш натижасида ҳосил бўлган «қаттиқ жисм-қаттиқ жисм» турли жинсли аралашмадан эквивалент диаметр $d_3=1-8$ мм ва оқим тезлиги $w=1-300$ мм/с оралиғида ўзгартириш, ҳамда газ ва суюқ фазалар нисбати $\Gamma:Ж=(0,05-0,25):1$ ҳолатида пўстнинг учиб чиқиш жараёнини ўрганиш учун экспериментал тажрибалар ўтказилди.



× - Тодес формуласи бўйича; ◇ – элаксимон думалоқ тешикли, 2 фазали мавҳумлаш; Δ - секцияли, 2 фазали мавҳумлаш; ○ – секцияли, 3 фазали мавҳумлаш.

3-расм. Турли ҳил панжараларда нотўғри шакли жисмларнинг учиб чиқиш тезлиги Re_{yn} Архимед сонига Ar боғлиқлиги

Маълумки, мавҳум қайнаш қатламдан қаттиқ жисмларни учиб чиқиш тезлигини ҳисоблаш учун О.М. Тодес тенгламасидан фойдаланиш мумкин. Турли ҳил тақсимловчи панжараларда икки ва уч фазали

системаларга Архимед критерийсини Ar Рейнолдс критерийсига Re функционал кўринишдаги боғлиқлиги $Ar=f(Re)$ 3-расмда кўрсатилган. «Мева-пўст» турли жинсли системаларни ажратиш учун қўлланилган уч фазали мавҳум қайнаш қатлам икки фазали система билан таққослаганда секцияли панжарани қўллагада жараённинг самарадорлигини 17-32% гача, думалок тешикли панжарани қўллаганда эса 43-55% гача ошганлиги испотланди. Кўп ҳолатларда, учиб чиқиш тезлиги мавҳум қайнаш қатламда ноўрин ва салбий ҳодиса эканлиги кузатилади. Лекин, бизнинг ҳолатда эса, бутунлай акси бўлиб «мева-пўст» турли жинсли аралашмани ажратиш учун ижобий таъсир кўрсатиш билан биргаликда компонентларни 100% ажралишига кўмаклашади.

«Мева-пўст» аралашмасини УФМҚҚда мавҳум қайнашнинг бошланиш тезлигини аниқлаш учун экспериментал маълумотларни умумлаштирилган ҳолда Re_{nc} қуйидаги формула (2) келтириб чиқарилди

$$Re_{nc} = \frac{Ar}{4300 + 10,6\sqrt{Ar}} \quad (2)$$

Уч фазали мавҳум қайнаш қатламда нотўғри шаклга эга бўлган меваларнинг пўст бўлакчаларини Re_{nc} аниқлаш формуланинг (2) хатолиги $\pm 15\%$ дан ошмайди.

«Мева-пўст» аралашмасини УФМҚҚда учиб чиқиш тезлигини аниқлаш учун экспериментал маълумотларни умумлаштирилган ҳолда Re_{yn} қуйидаги формула (3) келтириб чиқарилди:

$$Re_{yn} = \frac{Ar}{18 + 1,177 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (3)$$

Уч фазали мавҳум қайнаш қатламда нотўғри шаклга эга бўлган меваларнинг пўст бўлакчаларини учиб чиқиш тезлиги Re_{yn} аниқлаш формуланинг (3) хатолиги $\pm 5\%$ дан ошмайди. Мавҳум қайнаш қатламда бўлакчалар диаметри ошган сари Re сони чегараси қисман торраяди, аммо шу билан бирга етарли даражада кенг қийматга эга бўлиб бир ва ундан юқори поғонани қамраб олади (4-расм).

Уч фазали мавҳум қайнаш қатламнинг бир қатор афзалликлари мавжуд:

биринчидан, «қаттиқ жисм-қаттиқ жисм» турли жинсли аралашмани ажратиш учун нисбатан паст сув ва ҳаво тезликлари керак;

иккинчидан, «қаттиқ жисм-қаттиқ жисм» турли жинсли аралашма бутунлай, яъни 100% ли ажралиш ҳосил бўлади;

учинчидан, бир вақтнинг ўзида қум, лой ва шу каби майда заррачаларнинг чўктириш жараёни ўтади;

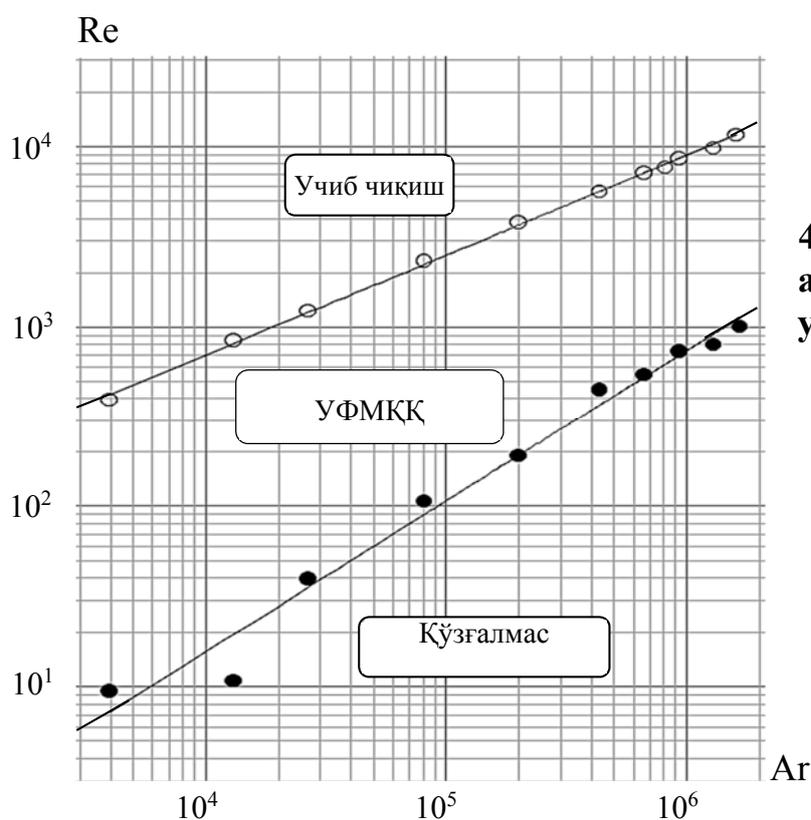
тўртинчидан, турли жисмли аралашмани ажратиш билан биргаликда тозаланган мевани ювиш жараёни ҳам ўтади;

бешинчидан, мавҳум қайнаш қатламда учиб чиқиш ҳолати кўпинча салбий ва ноўрин ҳолатни келтиради, аммо ушбу вазиятда «қаттиқ жисм-

қаттиқ жисм» турли жинсли аралашмани ажратиш учун ижобий таъсир кўрсатиш билан биргаликда компонентларни 100% ажралишига эришилди.

Диссертацияда қаттиқ турли жинсли аралашмани уч фазали мавҳум қайнаш катламда ажратиш учун яратилган усулнинг «қаттиқ жисм-қаттиқ жисм» аралашмасини самарали ва тўлиқ ажратиш учун физик модели (5-расм) келтирилган ва у қуйидагилардан иборат:

- а) қайта ишлаш объектини юклаш;
- б) Г:Ж нисбатини ва учиб чиқиш оптимал режимини ўрнатиш;
- в) илдиз ва туганак мева юзасидан пўст бўлакчаларини ажратиш;
- г) ювилган тоза мевни тўкиш.

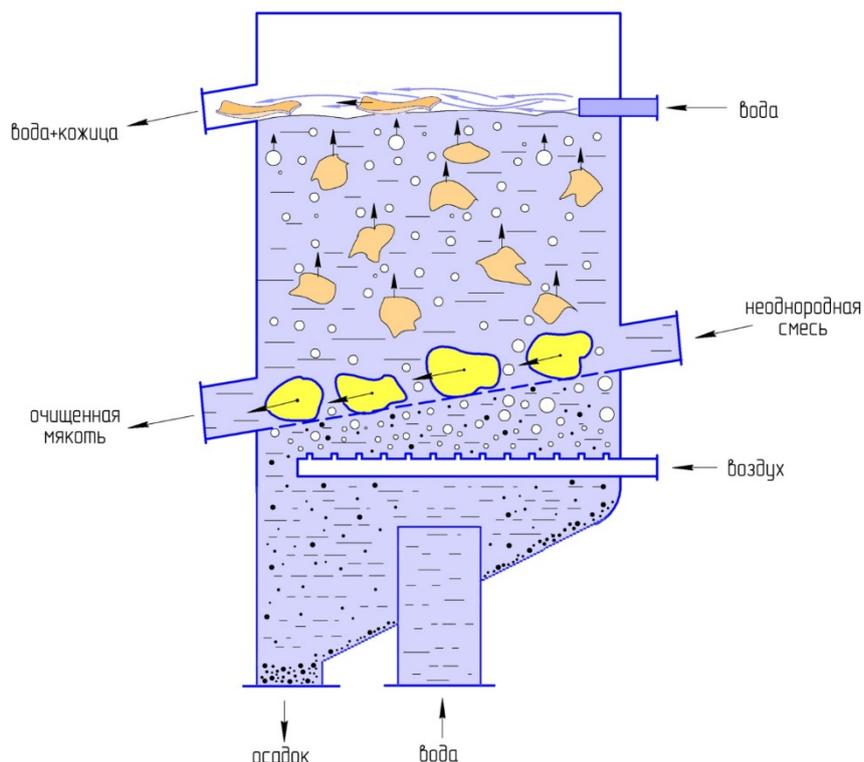


4-расм “Мева-пўст” аралашмасини ажратиш учун УФМҚҚ чегараси

Юкланган хом-ашё тақсимловчи панжарага тушиб тезлик ва босим градиентлари мавжудлигига кўра осцилланган газ-суюқлик оқим ҳаракатига учрайди. Ўзгарувчан тебранувчи тезлик билан турли ҳил тешиқлардан оқаётган газ суюқлик оқим қия жойлашаган панжара юзасидан мева ва унга ёпишган пўст бўлакчалари албатта перпендикуляр тарзда тушиши аниқ. Битта ёпишган пўст бўлакчасига бирданига бир нечта (3-5) секциядан осцилланган ясси оқимча ҳаракати таъсир қилади. Ҳаракат томондаги босим P_1 тесқари томондаги босимга P_2 нисбатан катта. Албатта, $P_1 > P_2$ бўлганида босим градиенти меванинг ички томонидан ташқарига қаралган бўлади. Бундан ташқари, оқимчаларнинг бирлашиши шу билан биргаликда ажратиш юзасини тез оширишга ва жараёнини тезлаштиришга олиб келади. Ажралган пўст бўлакчалари оқим билан бирга сув юзасига кўтарилади. Сув юзасидан эса енгил компонентни суюқлик оқими билан ювиб

обчиқиб кетилади. Ўтказилган назарий ва экспериментал изланишлар ҳамда уларнинг таҳлилига кўра «қаттиқ жисм-қаттиқ жисм» турли жинсли аралашмани компонентларга уч фазали мавҳум қайнаш қатламда самарали ажратиш учун оптимал режим параметрлар аниқланди:

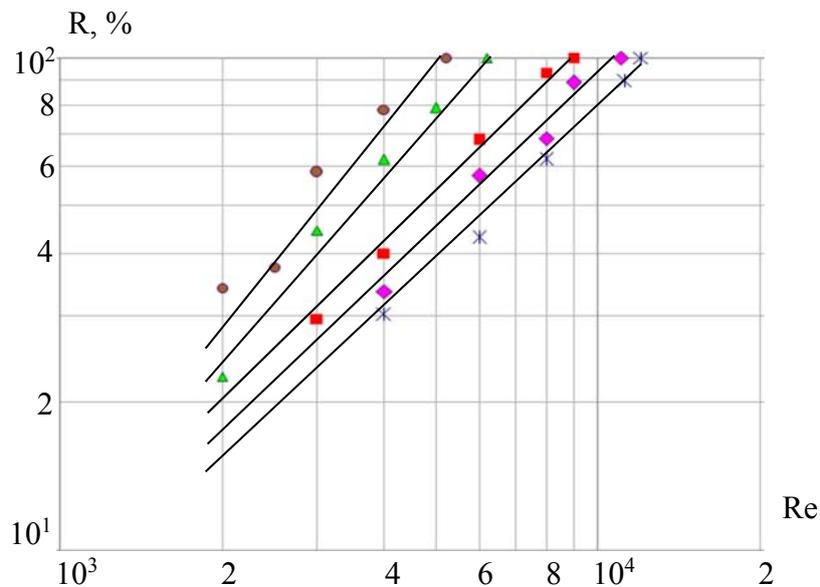
сувнинг ортиқча босими	- $P_{изб.} = 0,11-0,13$ МПа;
газ ва суюқлик нисбати	- $\Gamma:Ж = 0,25:1,0$;
ҳавонинг ортиқча босими	- $P_{возд.} = 0,11-0,13$ МПа;
панжара тешикларининг кўндаланг кесими	- $f_{реш.} = 0,5-0,7$;
жараён давомийлиги	- $\tau = 6-10$ с.



5-расм. «Қаттиқ жисм-қаттиқ жисм» аралашмасини ажратиш моделининг схемаси

Диссертациянинг «Иш натижаларининг амалий кўлланилиши» деб номланган тўртинчи бобида уч фазали мавҳум қайнаш қатламда «мева-пўст» аралашмасини самарали ажратишда газ ва суюқлик нисбати таъсирини ўрганиш учун изланишлар олиб борилди. 6-расмда «мева-пўст» аралашмасини ажратиш даражаси $R=f(Re)$ функционал кўринишда секцияли панжара тешикларининг кўндаланг кесими $\phi=0,5$ га ва $\Gamma:Ж=0,25:1$ нисбати учун келтирилган. Графикдан кўришиб турибтики газ-суюқлик оқимнинг тезлиги $Re=3000$ дан $Re=9000$ гача ошганда ажратиш самарадорлиги 3,3 баробар ошади, максимал ўлчамга эга бўлган пўст бўлакчалари учун эса тўлиқ ажралиш эса оқим тезлиги $Re=12000$ да вужудга келади. УФМКҚ «мева-пўст» аралашмасини ажратишда олинган экспериментал натижалар бўйича умумлаштирган ҳолда ҳисоблаш боғлиқлик олинган:

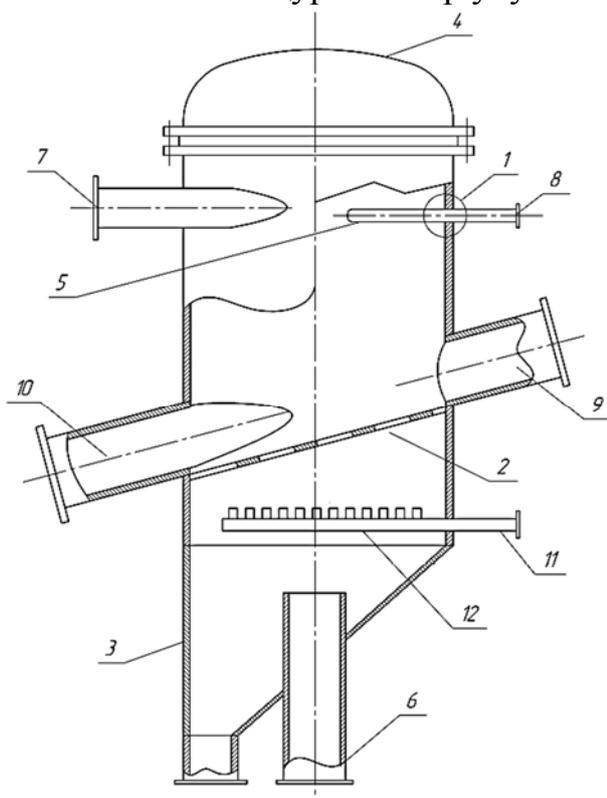
$$R = 0,155 \cdot Re^{0,7} \quad (4)$$



- - $d_3=1,98$ мм; ▲ - $d_3=2,85$ мм; ■ - $d_3=4,98$ мм;
- ◆ - $d_3=6,15$ мм; * - $d_3=7,75$ мм.

6-расм. Г:Ж=0,25:1 ва $\phi=0,5$ ҳолатида оқим тезлигининг Re УФМҚҚ мевадан ёпишган пўстни ажратиш даражасига R таъсири

Рейнолдс сони $Re=2000-12000$ ва бўлакчалар диаметри $d_3=1,98-7,75$ мм режим параметрлар чегарасида (4) формула хатолиги $\pm 16\%$ дан ошмайди. Уч фазали мавҳум қайнаш қатлам қурилмасини (6-расм) ҳисоблаш учун технологик, гидравлик, механик ва конструктив ҳисоблардан иборат муҳандислик методикаси келтирилган. Уч фазали мавҳум қайнаш қатлам ишловчи саноат қурилмалар учун



1-корпус; 2-тақсимловчи панжара; 3-конуссимон қопқоқ; 4-эллиптик қопқоқ; 5-ювгич; 6-сувни узатиш учун штуцер; 7-енгил компонентни тушуриш учун штуцер; 8- сув учун штуцер; 9- аралашмани юклаш учун штуцер; 10- оғир компонент учун штуцер; 11- ҳаво учун штуцер; 12- барботер.

6-расм. Уч фазали мавҳум қайнаш қатламли қурилма

муҳандислик методикасини яратишда пўст бўлакчаларининг мавҳум қайнашнинг бошланиш ва учиб кетиш тезлилари, майда заррачаларни чўктириш, ҳамда мавҳум қатламда ишлайдиган стандарт узел ва қурилма деталларининг маълум бўлган ҳисоблаш тенгламалари асос бўлди.

«Мева-пўст» аралашмасини ажратиш учун УФМҚҚ узлуксиз жараёларини амалга ошириш учун «Ўзбеккимёмаш заводи» АЖда унумдорлиги 16 т/суткасига қурилманинг саноат намунаси ишлаб чиқилган. Ушбу қурилма ихчам бўлиб, технологик назардан катта капитал харажатларни талаб этмайди.

Хулоса

1. Қаттиқ жисмлардан ҳосил бўлган аралашмани уч фазали мавҳум қайнаш қатламда ажратиш бўйича олиб борилган илмий тадқиқотлар критик тезликка, яъни мавҳум қайнашнинг бошланиш ва учиб кетиш тезликларига пўст бўлакчаларнинг геометрик ўлчамлари ва шакли, ҳамда Г:Ж нисбати таъсир этиши кўрсатилган.

2. Нотўғри шаклга эга бўлган жисмларнинг уч фазали мавҳум қайнаш қатламда мавҳум қайнашнинг бошланиш $w_{нс}$ ва учиб кетиш $w_{ун}$ тезликлари бўйича олинган экспериментал маълумотлар умумлаштирилди ва ҳисоблаш учун юқори аниқликка эга критериялар формулалар тавсия этилган.

3. Тўғри олти бурчак марказида эллипссимон катта кўндаланг кесимли тешик, чўққилари бўйича – кичик эллипссимон тешиклар жойлашган секциялардандан иборат тақсимловчи панжара конструкцияси ясси оқимчали осцилланган ҳаракатни таъминлаган, ҳамда «қуруқ» панжара гидравлик қаршилигини ҳисоблаш учун келтирилган формула ҳатолиги $\pm 7,7\%$ ошмаслиги аниқланган.

4. «Қаттиқ жисм-қаттиқ жисм» аралашмасини уч фазали мавҳум қайнаш қатламда ажратиш ва ювиш жараёнларини умумлаштирганда 2,3 мартагача сувнинг ва шу боис энергия 60% гача тежалишини, учинчи фаза – ҳаво қўшилганда эса эрлифт эффекти ҳосил бўлиб умумий энергия сарфи 20-25% тежалиш имконини бериш кўрсатилган.

5. Уч фазали мавҳум қайнаш қатлам қурилмасини ҳисоблаш учун муҳандислик услуги тавсия этилган.

6. «Мева-пўст» аралашмасини уч фазали мавҳум қайнаш қатламда ажратиш самарадор технологик жараён ва қурилма тавсия этилган.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ DSc.27.06.2017.Т.04.01
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ
ИНСТИТУТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

АБДУРАХИМОВА АЗИЗА УРАЗАЛИЕВНА

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО АППАРАТА ДЛЯ
РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСИ ТВЕРДОЕ ТЕЛО-ТВЕРДОЕ ТЕЛО В
ТРЕХФАЗНОМ ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ**

**02.00.16 – Процессы и аппараты химической технологии
и пищевых производств**

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

Ташкент–2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2017.2.PhD/T256.

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

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

Научный руководитель: **Нурмухамедов Хабибулла Сагдуллаевич**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Баракаев Нусрат Раджабович**
доктор технических наук, доцент

Рахмонов Тоир Зоирович
доктор технических наук

Ведущая организация: **АО «Завод Узбекхиммаш»**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2018 г. в ___ часов на заседании Разового Научного совета на основе Научного совета DSc.27.06.2017.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте. (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-21; факс: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz).

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) 244-79-21).

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2018 года.
(протокол рассылки № ___ от _____ 2018 года).

С.М.Туробжонов
Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

А.С. Ибодуллаев
Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

К.О. Додаев
Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Производство овощей в мировом масштабе по сравнению с прошлым десятилетием увеличилось в два раза и составляет 1150 млн. тонн, большую долю которых занимают корне- и клубнеплоды. Лидерами этой сферы являются Китай (580,7 млн. т), Индия (121,0 млн. т), США (34,7 млн. т), Турция (28,3 млн. т), Иран (23,7 млн. т), Египет (19,6 млн. т)¹. Данная тенденция способствует направленности научных исследований на улучшение качества перерабатываемых продуктов до уровня, соответствующего с нормами потребления, проводимые научно-исследовательские работы, направлены на совершенствование существующих технологий по переработке овощей и фруктов с разработкой новых эффективных процессов и аппаратов.

На сегодняшний день во всем мире актуальной задачей является современные методы и способы по переработке корне- и клубнеплодов с целью получения пищевых порошков, эффективного и рационального использования местного сырья с минимальными его потерями, интенсификации процессов и аппаратов по очистке и мойке с минимальными расходами энергии на прокачку теплоносителей. Поэтому проведение научно-исследовательских работ по проведению нескольких процессов в одной установке с минимальными расходами энергоресурсов, создание нетрадиционных высокоэффективных мобильных технологий по переработке сырьевых ресурсов, обеспечение конкурентоспособности продукции, снижению ее стоимости и расхода сырья является актуальной проблемой.

В нашей республике основное внимание уделено масштабным научным исследованиям, направленные на создание высокого уровня научных работ по развитию отрасли пищевой индустрии, в частности создание новых компактных мобильных технологий, включающих эффективные процессы и аппараты для полной переработки отечественных сырьевых ресурсов с минимальными потерями сырья и ценных компонентов для получения пищевого полуфабриката. Вместе с тем, необходимо дальнейшее углубление научных исследований по эффективному использованию местного сырья для получения качественной продукции. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан предусмотрены задачи: «Подъем промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, к дальнейшей интенсификации производства готовой продукции на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, освоение выпуска новых видов продукции и технологии»². В связи с этим имеют важное значение научные исследования по созданию новых высокоэффективных, энерго- и ресурсосберегающих процессов и аппаратов в технологии полной переработки корне- и клубнеплодов с получением полуфабрикатов высокого качества.

¹ <http://xn--80aplem.xn--p1ai/en/analytics/Mirovoj-rynok-ovosej-i-bahcevyh-kultur/>.

² Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в постановлениях и указах Президента Республики Узбекистан № ПП–2520 от 12 апреля 2016 года «О мерах по совершенствованию системы закупок и использования плодоовощной продукции, картофеля и бахчевых культур», ПКМ республики Узбекистан №251 от 29 августа 2015 г. «Об утверждении концепции и комплекса мер по обеспечению здорового питания населения республики Узбекистан на 2015-2020 годы», № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и № УП-4707 от 4 марта 2015 года «О программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства на 2015-2019 годы», а также в других нормативных 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 VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Научные исследования по решению проблем физического и математического моделирования аппаратов с трех- и двухфазными системами занимались В.Г. Айнштейн, Н.И. Гельперин, А.А. Заминян, М.К. Захаров, В.Б. Кваша, И.П. Мухленов, О.С. Балабеков, А.С. Тимонин, В.М. Рамм, С.П. Рудобашта, И.П. Левш, Х.С. Нурмухамедов, С.К. Нигмаджонов, А.А. Артиков, И.И. Юнусов и др.

В результате проведенных научных исследований по гидродинамике, тепло- и массопереносу в трех- и двух фазных системах разработаны научно-обоснованные способы и аппараты. Подробно изучены ожижения газом мелких частиц в жидкости снизу, турбулентного псевдоожижения крупных легких элементов насадки с противоточной подачей газовой и жидкой фаз, также подачей жидкой фазы снизу на распределительных решетках, кроме того, разработаны научно-обоснованных способов и аппаратов. В частности, рекомендованы к производству интенсифицированные процессы очистки и мойки корне- и клубнеплодов.

Вместе с тем, ведутся научные исследования по разработке высокоэффективных технологий по переработке корне- и клубнеплодов, эффективных способов и аппаратов по очистке, разделению смеси «мякоть-кожица» и мойке корне- и клубнеплодов с последующей выработкой пищевых порошков при низких энергетических затратах и потерях сырья.

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 хозяйственных договоров №24/03 на тему: «Разработка аппарата для очистки семян, косточек фруктов и семян продуктов бахчевых культур» и №4/16 на тему: «Разработка высокоэффективной, безотходной технологии переработки корнеплодов для получения пищевых порошков и волокон» (2011-2017 гг.), а также по теме

«Разработка безотходной и нетрадиционной технологии переработки корне- и клубнеплодов с низкими энергетическими затратами с целью получения пищевых пюре и порошков».

Целью исследования является разработка способа и аппарата разделения неоднородной смеси «твердое тело - твердое тело» в трехфазном псевдооживленном слое.

Задачи исследования:

разработка конструкции эффективной распределительной решетки с относительно низким гидравлическим сопротивлением;

определение физико-механических свойств очищенной мякоти и кусочков кожицы, образованной методом мгновенного сброса давления;

определение критических скоростей в трехфазном псевдооживленном слое, а также пределов существования состояний слоя;

создание способа и аппарата для одновременного протекания процессов разделения смеси «мякоть-кожица», мойки и осаждения частиц загрязнений.

Объектом исследования являются неоднородные смеси «мякоть-кожица» различных корне- и клубнеплодов.

Предмет исследования – конструкция аппарата трехфазного псевдооживленного слоя для разделения твердой неоднородной смеси и мойки мякоти.

Методы исследований. В диссертационной работе использованы традиционные методы измерения расхода жидкой и газовой фаз, температуры, массы, линейных размеров и гранулометрического состава твердых материалов, при обработке и обобщении экспериментальных результатов использованы основные законы и формулы гидромеханики жидкостей и газов, по результатам исследований проводились расчеты и графическая интерпретация с использованием пакета программ в MS Word, MS Excel.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

выявлен трехфазный псевдооживленный слой в технологии переработки сельскохозяйственного сырья, в частности, для разделения системы «мякоть-кожица» и одновременной мойки мякоти с применением эффекта «эрлифта»;

разработаны формулы для расчета скорости начала псевдооживления $w_{пс}$ и и уноса $w_{ун}$ в трехфазном псевдооживление достаточно высокой точности;

определены физико-механические свойства очищенной методом мгновенного сброса давления мякоти и кожицы и создана физическая модель процесса одновременного разделения, мойки и осаждения в трехфазном псевдооживленном слое;

разработана конструкция секционированной распределительной решетки, обеспечивающая осциллирующий режим истечения потока;

создан способ и аппарат для разделения смеси «мякоть-кожица» в трехфазном псевдооживленном слое.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определены скорости начала псевдооживления и уноса в трехфазном псевдооживленном слое в зависимости от эквивалентного диаметра кожицы $d_э$ при соотношении газа к жидкости $\Gamma:Ж=0,15:1-0,25:1$;

определены фактор формы Φ и эквивалентный диаметр d_3 кожицы, силы отрыва кожицы F , угол внутреннего трения χ объектов переработки, копускную способность аппарата по обеим фазам;

создана конструкция секционированной решетки, состоящей из n -го количества секций в виде правильного шестиугольника, в центре которого эллипсоидное отверстие большего сечения, а по вершинам – меньшего, в соотношении обеспечивающая $\Delta P_6/\Delta P_m=0,4-1,33$;

разработана научно-обоснованная инженерная методика расчета аппаратов трехфазного псевдооживленного слоя для разделения системы «твердое тело - твердое тело».

Достоверность полученных результатов исследования обосновывается наличием адекватной физической модели и алгоритмов расчета, соответствием теоретических и экспериментальных результатов, испытаний полупромышленного аппарата.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в обосновании применения энергетически эффективного метода разделения неоднородной смеси «мякоть-кожица» в трехфазном псевдооживленном слое и аппарата с секционированной решеткой, обеспечивающая осциллирующий режим истечения газожидкостного потока, созданием физической модели, основанная на одновременном протекании гидромеханических процессов: разделение, мойка и осаждение твердых частиц.

Практическая значимость результатов исследования заключается в применении аппарата трехфазного псевдооживленного слоя для разделения твердой неоднородной смеси с резко отличающимися физико-механическими свойствами, в который совмещены и одновременно осуществляются процессы разделение и мойка. Применение подобных аппаратов ведет к сокращению числа процессов и аппаратов, значительно уменьшить расход энергии и воды, а также потери ценного сырья.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов исследования по разделению в трехфазном псевдооживленном слое неоднородной смеси «твердое тело-твердое тело»:

Агентством «Узстандарт» утвержден технический стандарт «Пюре овощные, консервированные асептическим способом» (Ts20155874-01:2016, включенный в Государственный реестр за №112/005974 от 21 декабря 2016 года). В результате технический стандарт позволяет в производственном масштабе получить пюре корнеплодов с максимальной сохранностью химического состава;

аппарат, предназначенный для разделения смеси «твердое тело-твердое тело» в трехфазном псевдооживленном слое изготовлен и внедрен в АО «Завод Узбекхиммаш» (Справка АО «Завод Узбекхиммаш» №08/12-023 от 9 января 2018 года). Применение научного результата дает возможность проведения трех процессов (разделение, мойка и осаждение) в одном аппарате;

на основе созданного гидроклассификатора внедрена технология получения пюре овощные, консервированные асептическим способом в ООО

«Xiva-Oasis» (Справка АО «Завод Узбекхиммаш» №08/12-023 от 9 января 2018 года). В результате экономический эффект технологического процесса увеличился на 25%.

Апробация результатов исследования. Полученные результаты доложены и апробированы на 7 международных и 3 республиканских конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 18 научных работ. Из них 3 монографии, 2 статьи в зарубежных и 3 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем основного текстового материала составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, его цель и задачи, характеризуются его 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, приведены сведения о внедрении в практику результатов исследования, по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние вопроса разделения смеси «твердое тело-твердое тело»** рассмотрено современное состояние и перспективы развития разделения твердых систем в трехфазном псевдооживлении и гидродинамики процесса, а также процессов и аппаратов, предназначенных для осуществления процессов гидроклассификации. Анализ данного вопроса показал, что во всех существующих технологиях по переработке пищевых продуктов, в частности, корне- и клубнеплодов имеется процесс мойки со значительным расходом воды и потерями сырья. Использование эффективного способа позволит снизить расход воды и энергии. Анализ литературных источников показал отсутствие данных по применению трехфазного псевдооживления для разделения смеси «мякоть-кожица», методик расчета промышленных аппаратов, что не позволяет создать эффективную технологию получения продуктов высокого качества. Установлено, что технологический потенциал трехфазного псевдооживленного слоя (ТФПС) в пищевой индустрии изучен в недостаточной степени глубины. На основе современного вопроса, патентов и научно-практических отечественных и зарубежных исследований в области переработки сельскохозяйственного сырья сформулированы цель и задачи исследования. В заключении приводятся выводы по главе.

Во второй главе диссертации **«Экспериментальная установка, методики проведения опытов и обработки данных»** выполнено научно-теоретическое обоснование целесообразности и перспективы применения ТФПС в эффективной переработке корне- и клубнеплодов; приведено описание экспериментальной установки для исследования процесса разделения смеси «мякоть-кожица» объектов переработки. Созданная установка позволяет проводить экспериментальные исследования в широком диапазоне изменения режимных параметров: эквивалентного диаметра $d_{\text{э}}$, расход воды и воздуха $V_{\text{в}}$ и $V_{\text{возд}}$, скорости воды и воздуха $w_{\text{в}}$ и $w_{\text{возд}}$, фактора формы Φ , отношения газовой и жидкой фаз $\Gamma:\text{Ж}$. Разработана методика проведения опытов по разделению неоднородной смеси «твердое тело-твердое тело» различных корне- и клубнеплодов, а также методика обработки экспериментальных данных по разделению смеси «мякоть-кожица», учитывающая гидравлические потери процесса и физико-механические свойства объектов переработки.

Анализ показателей, характеризующих значения сил отрыва F кожицы, очищенной от поверхности мякоти методом мгновенного сброса давления (ММСД) свидетельствуют, что для различных корне- и клубнеплодов это величина составляет $F=0,3-3 \text{ Н}$.

Установлено, что отношение площадей поперечного сечения большого эллипсоидного отверстия к меньшему $F_{\text{б}}/F_{\text{м}}=0,4-1,33$ создает плоскую струю потока с осциллирующим движением. Определены значения угла внутреннего трения объектов переработки для автоматизации процесса выгрузки, которое варьируется в диапазоне $\chi=5-25^\circ$.

Экспериментальные исследования проведены в следующем диапазоне изменений: геометрических размеров тонких пластин кожиц корне- и клубнеплодов от $2,5 \times 3$ до 50×50 мм; толщины $\delta=0,1-0,25$ мм.

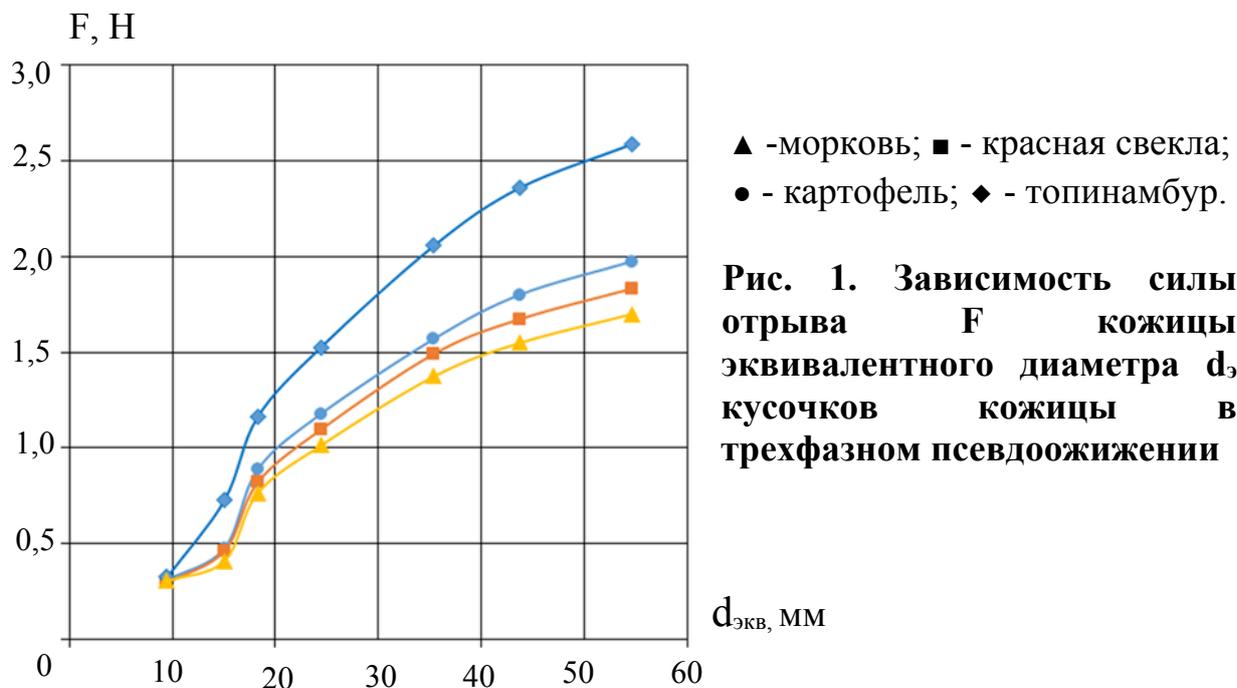
Для измерения гидравлического сопротивления слоя твердых неоднородных систем в водораспределительной камере имеются патрубки под решеткой и в верхней части корпуса для подключения микроманометра ММН-240. Скорость воды изменялся в интервале $w_{\text{в}}=0,001-0,05$ м/с, а воздуха $w_{\text{возд}}=0,004-0,095$ м/с. Это способствует увеличению степени разделения смеси «мякоть-кожица» и экономии воды и энергии на ее прокачку.

В третьей главе диссертации **«Разделение твердых неоднородных систем в трехфазном псевдооживленном слое»** представлены результаты экспериментальных исследований по исследованию и интенсификации процесса разделения смеси «мякоть-кожица». В процессе очистки корне- и клубнеплодов ММСД, после сброса давления при автоматической выгрузке смеси в сборник, содранная тонкая пленка кожицы обратно налипает на очищенную мякоть, что вызвано действием адгезионных сил. Причем, связь между мякотью и кожицей значительна и требует их экспериментального определения.

На рис.1 приведены результаты экспериментальных исследований по размерам налипших кусочков кожицы на силу отрыва F для различных корне-

и клубнеплодов. Интенсивность налипания частиц к твердым поверхностям можно оценивать по силе прилипания.

Анализ результатов исследований, изображенных в виде функции $F=f(d_{\text{э}})$, показывает восходящий характер зависимости силы отрыва от поверхности кусочков кожицы. Как видно из графика, наибольшее усилие для отрыва кожицы от мякоти требуется для кожицы топинамбура, а наименьшее - моркови. Значительное влияние поверхности налипания на силу отрыва видно на примере смывания кожицы топинамбура.



Так, в трехфазном псевдоожигенном слое для отрыва кожицы размером 2,5x4,5 мм от мякоти требуется усилие в $F=0,32\text{Н}$, для кусочка размером 20x25 мм необходимое усилие $F=1,52\text{Н}$, а для кожицы размером 50x50 мм - соответственно $F=2,59\text{Н}$.

Для преодоления сил адгезии налипшей кожицы на мякоть разработана конструкция газораспределительной решетки, обеспечивающая осциллирующую скорость истечения газожидкостного слоя. Данная решетка имеет эллипсоидные отверстия с малым поперечным сечением, расположенные по вершинам правильного шестиугольника, в центре которого имеется отверстие с большим сечением. В целях получения плоских струй выбрана эллипсоидная форма отверстий, которая также обеспечивает градиент давлений. Подобная схема расположения отверстий позволяет обеспечить переменную скорость. Вследствии возникает осциллирующий режим течения газожидкостного потока, что обеспечивает захват и унос кожицы. Исследованы зависимости гидравлического сопротивления секционированной решетки от скорости потока при различных значениях живого сечения φ и угла наклона γ . Установлено, что с ростом угла наклона решетки от 5 до 25° гидравлическое сопротивление увеличивается в 1,4 раза.

При увеличении скорости потока до $w=8$ м/с увеличение гидравлического сопротивления в случае с секционированной решеткой составит более 7 раз.

Обобщением опытных данных по гидравлическому сопротивлению сухих решеток с различной долей свободного сечения φ и угла наклона γ выведена расчетная формула (1), которая описывает экспериментальные данные при изменении скорости воздуха $w=0,1-25$ м/с, доли свободного сечения $\varphi=0,2-0,7$ и угла наклона решетки $\gamma=0-25^\circ$ с погрешностью $\pm 7,7\%$:

$$\Delta P_{\text{сух}} = 9,53 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \cdot \varphi^{-0,46} \cdot \gamma^{0,2} \quad (1)$$

Одним из основных показателей оживленных слоев в системе Г:Ж и Г:Ж:Т является гидравлическое сопротивление. Общее гидравлическое сопротивление двух и трехфазных псевдооживленных слоев определяется по известной формуле $\Delta P = \Delta P_{\text{сух}} + \Delta P_{\text{сл}} + \Delta P_{\text{ж.ст}} + \Delta P_{\sigma}$.

Определены опытные данные по влиянию высоты слоя H объекта переработки на гидравлическое сопротивление $\Delta P_{\text{сл}}$ от для различных корне- и клубнеплодов. Установлено, что значение гидравлического сопротивления $\Delta P_{\text{сл}}$ от высоты слоя клубней топинамбура составляет $\Delta P_{\text{сл}}=162$ Па, моркови $\Delta P_{\text{оп}}=185$ Па, красная свекла $\Delta P_{\text{сл}}=250$ Па, картофель $\Delta P_{\text{сл}}=275$ Па, и, наконец, сахарная свекла $\Delta P_{\text{сл}}=440$ Па. Выявлено, что с ростом толщины слоя H величина гидравлического сопротивления $\Delta P_{\text{сл}}$ растет с 160 до 440 Па при увеличении высоты слоя материала от 40 до 100 мм. При этом порозность слоя ε в зависимости от объекта переработки изменялась от $\varepsilon=0,37$ до 0,45. Опытные данные по влиянию эквивалентного диаметра d_3 отверстий решетки на гидравлическое сопротивление ΔP_{σ} , обусловленное поверхностным натяжением при температуре воды $t=10-30^\circ\text{C}$ показали, что с ростом диаметра отверстия с 3 до 10,55 мм сопротивление снижается в 3,5 раза, а температура воды практически не оказывает воздействия.

Экспериментальные исследования по применению ТФПС для разделения кожицы от мякоти, очищенной ММСД дали весьма интересный результат. Исследования показали, что неоднородная смесь, состоящая из резко отличающихся по плотностям компонентов разделяется при относительно низких скоростях и расходах жидкой и газовой фаз, чтобы отделить кожицу от очищенной мякоти. Установлено, что применение ТФПС для разделения твердой неоднородной системы «мякоть-кожица» более эффективен двухфазного, т.е. на 13-78% в зависимости от эквивалентного диаметра. Сравнение данных по скорости начала псевдооживления в двухфазных и трехфазных системах показали снижение численных значений Re в 1,3-2,0. Подобное влияние объясняется эффективным воздействием газовой струи на тело неправильной формы. Фракционный состав кусочков кожицы, выраженный через гранулометрический состав представлен на рис.2. Для изучения процесса уноса твердых частиц из неоднородной смеси «твердое тело - твердое тело» проведены экспериментальные исследования с

очищенными ММСД топинамбуром (картофелем, морковью, сахарной и красной свеклами) при изменении эквивалентного диаметра $d_s=1-8$ мм, скорости потока $w=1-300$ мм/с, соотношении $\Gamma:Ж=(0,05-0,25):1$.

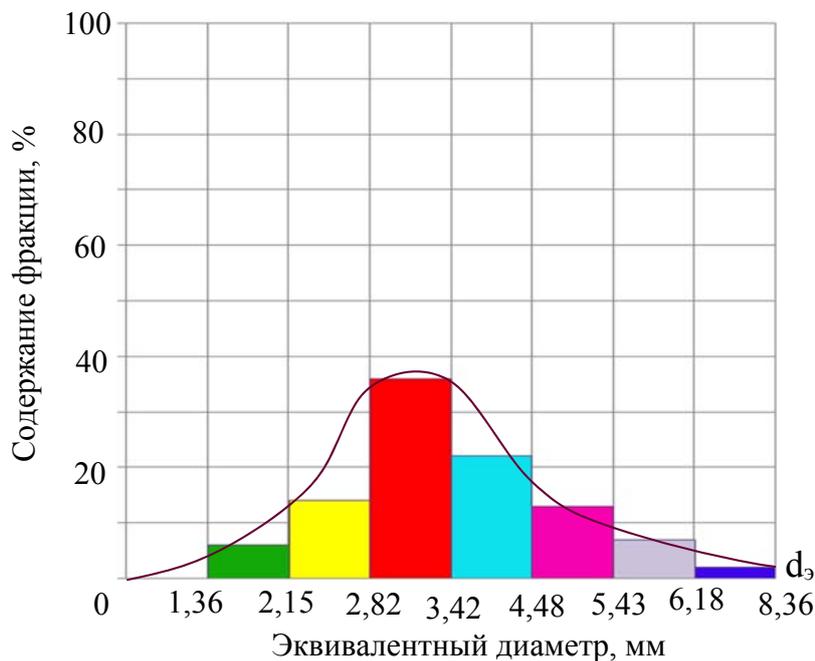
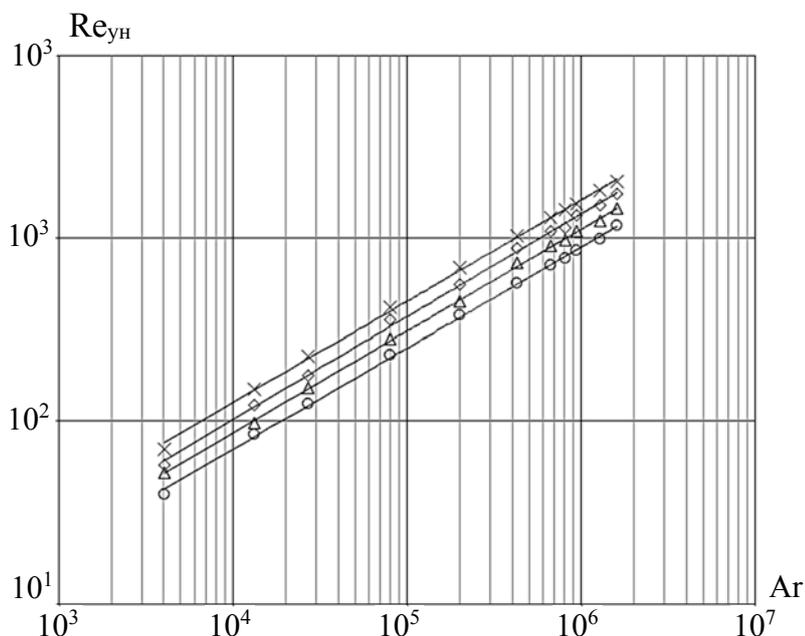


Рис. 2. Кривая гранулометрического состава кусочков кожицы

Известно, для расчета скорости уноса твердых тел из псевдооживленного слоя зависимостью является формула проф.Тодеса О.М. На рис. 3 представлена зависимость критерия Архимеда Ar от Рейнольдса Re в виде функциональной зависимости $Ar=f(Re)$ на различных распределительных решетках в двух и трехфазных системах. Как видно из рисунка, зависимость Re от Ar имеет плавно восходящий вид.



- × - по формуле Тодеса;
- ◇ - ситчатая, при 2-х фазном оживлении;
- △ - секционированная, при 2-х фазном оживлении;
- - секционированная, при 3-х фазном оживлении.

Рис.3. Зависимость скорости уноса $Re_{ун}$ тел неправильной формы от Ar при оживлении на различных решетках

Экспериментами выявлено, что используя трехфазное псевдооживление для разделения твердой неоднородной системы «мякоть-кожица» можно достичь эффективности процесса 17-32% по сравнению с секционированной

решеткой при двухфазном и в 43-55% по сравнению с двухфазным на решетке с круглыми отверстиями. Зачастую унос из псевдооживленного слоя в большинстве случаев, представляет собой нежелательное, отрицательное явление. Однако, в нашем случае, при разделении неоднородной системы «твердое тело - твердое тело», данный недостаток положительное явление и вносит существенный вклад в полное, 100%-ное разделение смеси на компоненты. Обобщением опытных данных по скорости начала псевдооживления неоднородной смеси «мякоть-кожица» в ТФПС получена следующая формула для расчета Re_{nc} :

$$Re_{nc} = \frac{Ar}{4300 + 10,6\sqrt{Ar}} \quad (2)$$

Погрешность формулы (2) для расчета Re_{nc} тел неправильной формы в виде кусочков кожицы корнеплодов в трехфазном псевдооживленном слое не превышает $\pm 15\%$.

Обобщением экспериментальных данных по скорости уноса кожицы из неоднородной смеси «мякоть-кожица» в ТФПС получена следующая формула для расчета Re_{yn} :

$$Re_{yn} = \frac{Ar}{18 + 1,177 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (3)$$

Погрешность формулы (3) для расчета скорости уноса тел неправильной формы в виде кусочков кожицы корне- и клубнеплодов в трехфазном псевдооживленном слое не превышает $\pm 5\%$.

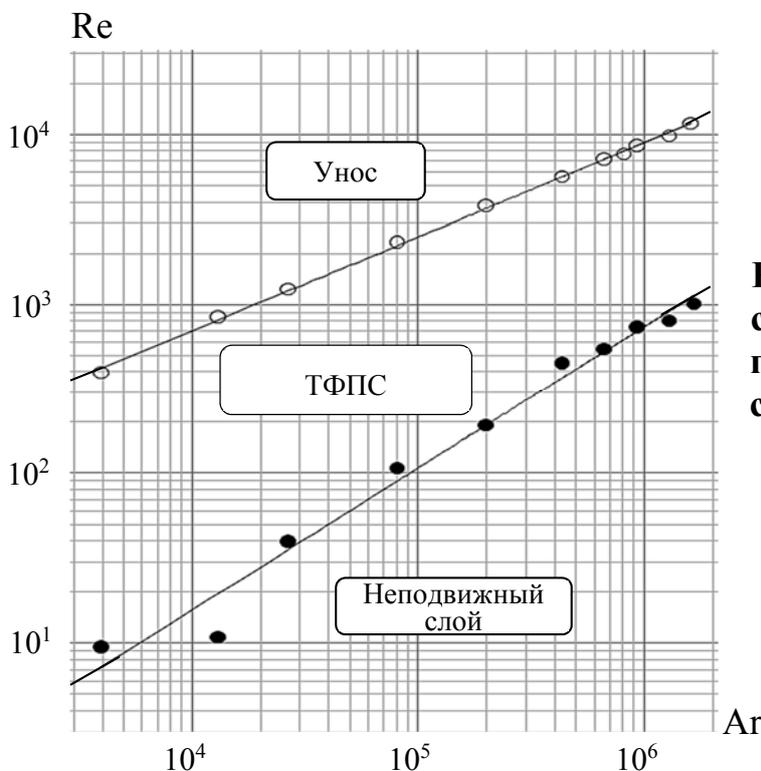


Рис. 4. Пределы существования ТФПС при оживлении неоднородной смеси «мякоть - кожица»

Зона псевдооживленного слоя с ростом диаметра частиц несколько сужается, но тем не менее она существует в довольно-таки широком интервале

чисел Re , т.е. отличающихся на порядок и более (рис.4). Трехфазный псевдооживленный слой имеет ряд преимуществ:

во-первых, процесс разделения неоднородной смеси «твердое тело-твердое тело» протекает при относительно низких скоростях как жидкой, так и газовой фаз;

во-вторых, происходит полное (100%-ное) разделение смеси «твердое тело-твердое тело»;

в-третьих, одновременно протекает процесс осаждения твердых частиц загрязнений в виде песка, глины и т.д.;

в-четвертых, наряду с разделением неоднородной смеси одновременно протекает процесс мойки сырой мякоти корне- и клубнеплодов;

в-пятых, зачастую унос из псевдооживленного слоя в большинстве случаев представляет собой нежелательное, отрицательное явление. Однако, в нашем случае, при разделении неоднородной системы «твердое тело-твердое тело», данный недостаток положительно явление и вносит существенный вклад в полное, 100%-ное разделение смеси на компоненты.

Разработана физическая модель (рис.5) способа разделения твердой неоднородной смеси в трехфазном псевдооживленном слое, объясняющий механизм эффективного и полного разделения неоднородной системы «твердое тело-твердое тело», состоящая из:

- а) загрузка объекта переработки;
- б) установка оптимального соотношения $\Gamma:Ж$ и режима уноса;
- в) смыв кожицы с мякоти корне- и клубнеплодов;
- г) выгрузка вымытой мякоти.

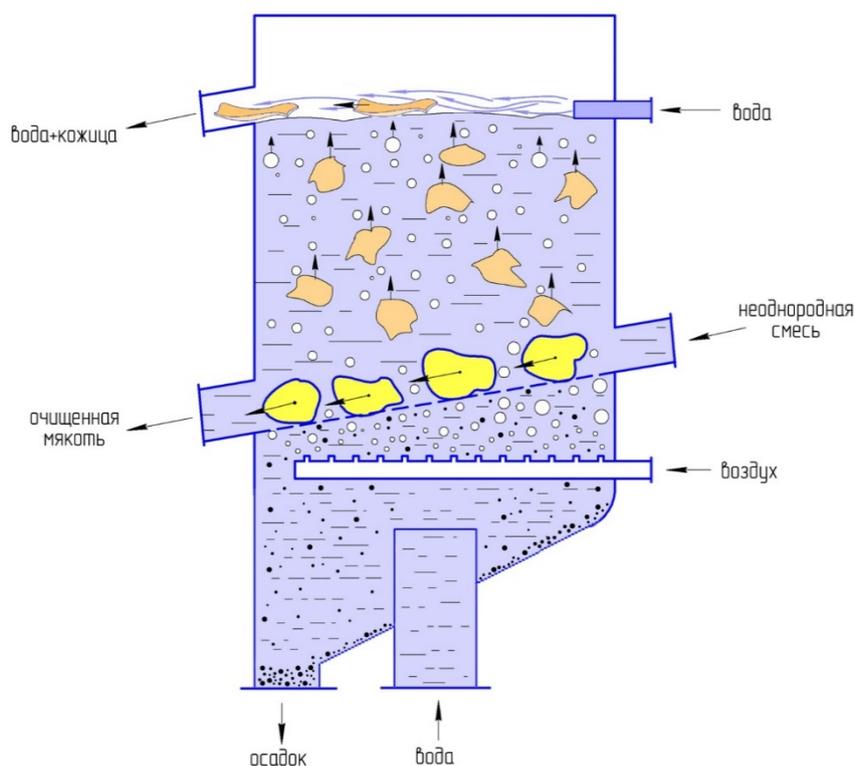


Рис.5. Схема к модели разделения неоднородной смеси «твердое тело-твердое тело»

Загруженное сырьё, попадая на распределительную решетку, вследствие наличия градиента скорости и давления, подвергается воздействию осциллирующего газожидкостного потока. Переменная, пульсирующая скорость истекающая из различных отверстий струи газожидкостного потока начинает омывать скатывающиеся по наклонной решетке мякоть очищенных корнеплодов. При движении по наклонной решетке, мякоть с налипшей кожей в любом случае окажется параллельно относительно набегающей струи газожидкостного потока. На одну налипшую кожуцу одновременно набегают осциллирующие струи из нескольких (3-5) секций секций.

Давление с набегающей стороны P_1 будет больше, чем с обратной стороны P_2 . Естественно, когда $P_1 > P_2$ градиент давления в мякоти направлен изнутри в наружу. Кроме того, соседние струи вносят свой вклад в процесс отделения и быстро увеличивают площадь отслоения и затем мгновенно отделяют от мякоти кусочек тонкой пленки кожицы. Отделенные кусочки кожицы уносятся вместе с газожидкостным потоком вверх к поверхности воды. Затем с поверхности водной глади, под действием водных струй выдувается через штуцер легкого компонента внаружу. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований, а также анализа полученных результатов выявлены следующие оптимальные режимные параметры эффективной разделения неоднородной смеси «твердое тело-твердое тело» в трехфазном псевдооживленном слое:

- избыточное давление воды - $P_{изб.} = 0,11-0,13$ МПа;
- соотношение газа к жидкости - $\Gamma:Ж = 0,25:1,0$;
- избыточное давление воздуха - $P_{возд.} = 0,11-0,13$ МПа;
- живое сечение решетки - $f_{реш.} = 0,5-0,7$;
- продолжительность процесса - $\tau = 6-10$ с.

В 4 главе диссертации «**Практическое использование результатов работы**» приведены исследования, которые проводились для выявления влияние соотношения газа к жидкости на эффективность процесса разделения смеси «мякоть-кожица» в трехфазном псевдооживленном слое.

На рис. 6 представлен график зависимости степени разделения смеси «мякоть - кожица» в виде функции $R=f(Re)$ при использовании секционированной решетки с долей свободного сечения $\phi=0,5$ для соотношения $\Gamma:Ж=0,25:1$. Из графика видно, что с увеличением скорости газожидкостного потока с $Re=3000$ до $Re=9000$ эффективность разделения возрастает в 3,3 раза, а для частиц максимального размера, т.е. при $d_3=7,75$ мм полное разделение наступает при скорости потока $Re=12000$. Обобщением экспериментальных данных по разделению смеси «мякоть-кожица» в ТФПС получена формула в виде:

$$R = 0,155 \cdot Re^{0,7} \quad (4)$$

Погрешность формулы (4) не превышает $\pm 16\%$ во всем интервале чисел $Re=2000-12000$ и диаметре частиц $d_3 = 1,98-7,75$ мм. В §4.2 приведена инженерная методика расчета аппарата трехфазного псевдооживленного слоя

(рис. 7), состоящая из технологического, гидравлического, механического и конструктивного расчета.

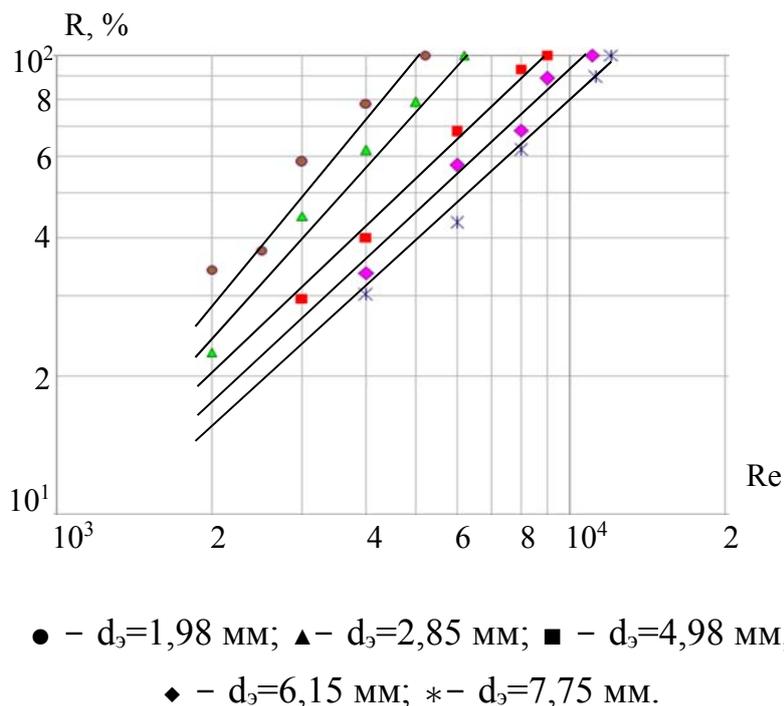
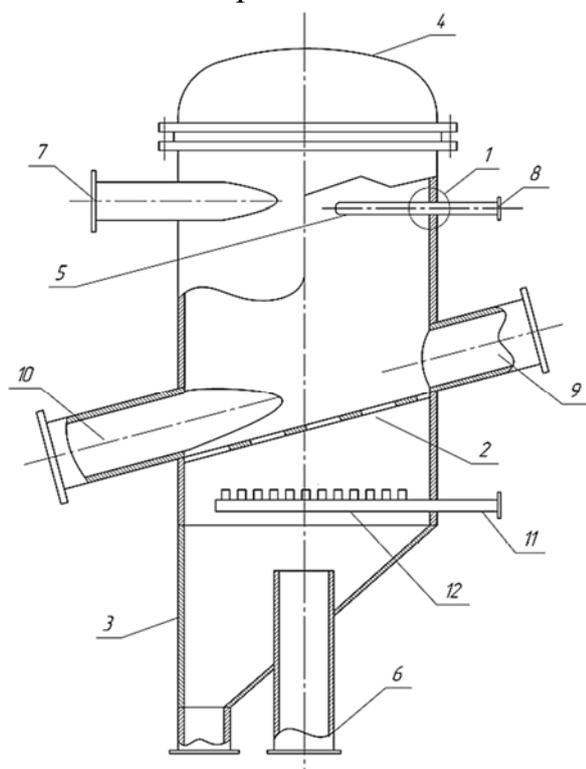


Рис. 6. Влияние скорости потока Re на степень разделения R мякоти от кожицы при трехфазном псевдоожигении соотношения $\Gamma:Ж=0,25:1$; $\varphi=0,5$

Основой для создания инженерной методики расчета промышленных аппаратов трехфазного псевдоожигенного слоя явились экспериментальные данные по скорости начала псевдоожигения



1-корпус; 2-распределительная решетка; 3-коническое днище; 4-эллиптическая крышка; 5-вымыватель; 6-штуцер для подачи воды; 7-штуцер для вывода легкого компонента; 8-штуцер для ввода воды; 9-штуцер для ввода исходной твердой смеси; 10-штуцер для вывода тяжелого компонента; 11-штуцер для ввода воздуха; 12-барботер.

Рис. 7. Аппарат трехфазного псевдоожигенного слоя

и уноса кожицы, и осаждения мелких твердых частиц, а также общеизвестные формулы расчета стандартных узлов и деталей аппаратов псевдооживленных слоев. Промышленный образец аппарата непрерывного действия производительностью 16 т/сутки изготовлен на АО «Узбекхиммаш». Данный аппарат компактен и технологичен, не требует больших капитальных затрат.

Выводы

1. Показано, что экспериментальные исследования по разделению смеси из твердых материалов в трехфазном псевдооживленном слое на критические скорости, т.е. начала псевдооживления $w_{пс}$ и уноса кусочков кожицы оказывают влияние геометрические размеры, форма частиц и соотношение Г:Ж.

2. Предложены критериальные формулы с высокой точностью для расчета скорости начала псевдооживления $w_{пс}$ и уноса $w_{ун}$ тел неправильной формы при трехфазном псевдооживлении, полученные обобщением экспериментальных данных.

3. Определено гидравлическое сопротивление секционированной конструкции решетки, которая разбита на секции в виде правильных шестиугольников по вершинам которых размещены малые и в центре большое эллипсоидные отверстия для создания осциллирующего течения газожидкостного потока, а также выведена формула для расчета сопротивления «сухой» решетки с погрешностью $\pm 7,7\%$

4. Показано, что совмещение процессов разделения смеси «твердое тело-твердое тело» и мойка в одном аппарате позволяет сэкономить воду в 2,3 раза, а в связи с этим, энергозатраты на 60%, применение воздуха в качестве третьей фазы позволяет создать эффект эрлифта, что также способствует сокращению энергозатрат до 20-25%.

5. Рекомендована методика расчета аппарата трехфазного псевдооживленного слоя.

6. Рекомендованы технологический процесс и аппарат для разделения смеси «мякоть-кожица» в трехфазном псевдооживленном слое.

**ONE-OFF SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF SCIENTIFIC
COUNCIL ON AWARDED SCIENTIFIC DEGREES OF
DSC.27.06.2017.T.04.01 AT TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL
INSTITUTE**

TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE

ABDURAKHIMOVA AZIZA URAZALIEVNA

**SEPARATION OF A SOLID-SOLID MIXTURE IN A THREE-PHASE
FLUIDIZED BED AND DEVELOPMENT OF EFFICIENT APPARATUS**

02.00.16 – Processes and apparatus of chemical technologies and food production

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON CHEMICAL SCIENCES**

Tashkent – 2018

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.2.PhD/T256.

The dissertation has been carried out at the Tashkent chemical-technological Institute.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online tkti.uz and on the website of the Information-educational portal «ZiyoNet» www.ziyo.net.uz.

Scientific supervisor: **Nurmuhamedov Khabibulla Sagdullaevich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: **Barakaev Nusrat Radjabovich**
Doctor of Technical Sciences

Rakhmonov Toir Zoirovich
Doctor of Technical Sciences

Leading organization: **JS «Uzbekchemmach Plant»**

The defense of the dissertation will take place on «__» _____ 2018 at «__» o'clock at the meeting of One-off Scientific Council on the basis of scientific council on awarding scientific degrees of DSc.27.06.2017.T.04.01 at Tashkent chemical-technological institute. (Address: 100011, Tashkent, Navoi street, 32. Ph.: (99871)227-79-20, fax: (99871) 244-79-17; 246-02-24. e-mail: tcti_info@edu.uz).

The dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Tashkent chemical-technological institute №__ (Address: 100011, Tashkent, Navoi street, 32 Administrative Building of the Tashkent chemical-technological institute, Ph.: (99871)244-79-20.

The abstract of the dissertation has been distributed on «__» _____ 2018.

Protocol at the register № _____ dated «__» _____ 2018.

S.M. Turobjonov
Chairman of the Scientific Council for
awarding of the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

A.S. Ibodullaev
Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

Q.O. Dodaev
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of research work is development of the method and apparatus for separating heterogeneous «solid-solid» mixture in the three-phase fluidized bed.

The object of research work is heterogeneous mixtures of «pulp-skin» of differently root and tuber crops.

The scientific novelty of the research consists in the following:

three-phase fluidized bed was used in the technology of processing agricultural raw materials, in particular, to separate the «pulp-skin» system and simultaneously wash the pulp with the application of the «airlift» effect;

formulas have been developed for calculating the rate of fluidization beginning w_{pc} and w_{un} entrainment in the three-phase fluidization of sufficiently high accuracy;

physical and mechanical properties were determined purified by the method of instantaneous release of pulp and skin and the physical model of the process of simultaneous separation, washing and sedimentation in the three-phase fluidized bed was developed;

the design of a partitioned distribution grid has been developed that provides an oscillating flow-out regime;

the method and apparatus for separating a «pulp-skin» mixture in the three-phase fluidized bed is developed.

Implementation of the research results. On the bases of the results of research work on the separation in the three-phase fluidized bed of heterogeneous solid-solid mixture:

the standard of organization (Ts20155874-01:2016, included in the State Register under №112/005974 of December 21, 2016) was developed. «Semi-finished products. Vegetable purees, preserved aseptically». As a result, it makes possibility to obtain puree from root vegetables on the bases of proposed technology on the industrial scale.

the apparatus for separation of the solid-solid mixture in the three-phase fluidized bed was manufactured and implemented in JS «Uzbekchemmach Plant» (Reference №08/12-023 of January 9, 2018). The application of the scientific result makes it possible to carry out three processes (separation, washing and precipitation) in one apparatus;

on the basis of the created hydro classifier, the technology of mashed vegetable production, preserved in aseptic manner, was introduced (Reference JS «Uzbekchemmach Plant» №08/12-023 of January 9, 2018). As a result, the economic effect of the technological process increased by 25%.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusion, a list of used literature and applications. The volume of the main textual material is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

Список опубликованных работ

List of publications

I бўлим (I часть; I part)

1. Абдурахимова А.У., Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Абдуллаева С.Ш. Интенсификация процесса очистки некоторых корнеплодов. Монография. –Т.: Фан ва технологиялар, 2013. – 127 с.

2. Абдурахимова А.У., Абдуллаев А.Ш., Абдуллаева А.Ш., Глушенкова А.И., Нурмухамедов Х.С. Технология получения пищевых порошков из корне- и клубнеплодов. Монография. –Т.: ТХТИ, 2017. – 164 с.

3. Абдурахимова А.У., Абдуллаев А.Ш., Темиров О.Ш., Нигмаджонов С.К., Нурмухамедов Х.С. Перспективы трехфазного псевдооживленного слоя в пищевой промышленности. Монография. – Т.: ТХТИ, 2017. – 130 с.

4. Абдурахимова А.У., Нурмухамедов Х.С., Нигмаджанов С.К., Темиров О.Ш. Ожигение тел неправильной формы в трехфазном псевдооживленном слое // Химическая технология. Контроль и управление. 2016, №4. – с.18-23. (02.00.00; №10).

5. Абдурахимова А.У., Нурмухамедов Х.С., Нигмаджанов С.К., Темиров О.Ш. К скорости уноса частиц из газожидкостного псевдооживленного слоя // Химия и химическая технология, 2017. – с. 55-58. (02.00.00.№3).

6. Абдурахимова А.У., Нигмаджанов С.К., Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Карабаев А.С. Гидродинамика трехфазного псевдооживленного слоя при ожигение тел неправильной формы // Химическая промышленность, 2016, №3. – с.126-130. (02.00.00; №21).

7. Абдурахимова А.У., Абдуллаев А.Ш., Нурмухамедов Х.С., Абдуллаева С.Ш. Эффективная технология получения пищевых порошков из корне- и клубнеплодов // Хранение и переработка сельхозсырья, 2016, №10.– с.21-25. (02.00.00; №25).

8. А.У. Абдурахимова, А.Ш. Абдуллаев, Х.С. Нурмухамедов, Темиров О.Ш. Влияние эквивалентного диаметра частиц неправильной формы на скорость начала псевдооживления в трехфазных системах // Химическая технология. Контроль и управление, 2017. –№4. – с. 25-29. (02.00.00; №10).

II бўлим (II часть; II part)

9. Бекбаева А.У., Абдуллаев А.Ш., Абдуллаева С.Ш., Нигмаджонов С.К., Нурмухамедов Х.С. Разделение твердой неоднородной системы в жидкостном псевдооживленном слое // Всероссийская конференция «Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды». Россия, Новочебоксарск, 25-26 октября 2012 года. - с.145-146.

10. Бекбаева А.У., Абдуллаев А.Ш., Абдуллаева С.Ш., Нурмухамедов Х.С. Расчет степени очистки топинамбура // Всероссийская конференция «Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды». Россия, Новочебоксарск, 25-26 октября 2012 года. – с.147-148.

11. Бекбаева А.У., Абдуллаев А.Ш., Нурмухамедов Х.С., Нигмаджанов С.К., Кадырова Н.А. Гидравлическое сопротивление секционированной газораспределительной решетки // VI-межд. науч.-техн. конф. «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». Навои, 2013, 25-27 апреля. – с.448-449.

12. Абдурахимова А.У., Нурмухамедов Х.С., Раимов А.А., Рахимжанова Ш.С. К вопросу улучшения распределения жидкости на ситчатых тарелках с отверстиями переменной поперечной площади // 14- ёш олимлар илмий-техник конф. «Умидли кимёгарлар - 2015». Тошкент. – 2015. – с.452-454.

13. Абдурахимова А.У., Нурмухамедов Х.С., Кудиярова К.К., Асадова Р.Д. Рахимов Г.Б. Влияние формы твердых тел на скорость уноса из трехфазного псевдооживленного слоя // Респ. науч.-техн.конф. “Актуальные проблемы иннов.технологий хим., нефтегаз.пром.”, Ташкент, 2015, 18-20 ноября. – с.90-91.

14. Абдурахимова А.У., Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Кудиярова К.К., Хоназарова М.Х. Критические скорости трехфазного псевдооживленного слоя при оживлении тел неправильной формы // 8-ая межд. науч.-практ.конф. “Горно-металлургический комплекс. Достижения и проблемы, современные идеи развития”, Навои, 2015, 22-25 ноября.– с.317-318.

15. Абдурахимова А.У., Дубовицкая Н.С., Нурматов Б.Ч., Айимбетов М., Турдиалиев Х., Саидов С. К проблеме жидкостного оживления тел неправильной формы // Респ. науч.-техн. конф. «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития», Навои, 2016, 15-16 ноября. – с.387.

16. Абдурахимова А.У., Абдуллаев А.Ш., Нурмухамедов Х.С., Кудиярова К.К., Сипадинов Н.А., Дубовицкая Н.С. К первой критической скорости трехфазного псевдооживленного слоя тел неправильной формы // Межд.науч.-техн.конф. «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно металлургического комплекса» Навои, 2017, 12-14 июня. – с.

17. Абдурахимова А.У., Абдуллаев А.Ш., Нурмухамедов Х.С., Дубовицкая Н.С. и др. Зависимость второй критической скорости от диаметра частиц при трехфазном псевдооживлении // VII-международный симпозиум «Химия и химическое образование» Владивосток, 2017, 17-20 октября.

18. Абдурахимова А.У., Абдуллаев А.Ш., Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Калилаев М.У. Эффективный метод разделения неоднородной смеси «твердое тело-твердое тело» // 4-й Межд. Молодеж. Науч.-техн. Конф. «Прогрессивные технологии и прогрессы» Курск, 2017, 21-22 сентября. – с. 6-8.

Автореферат «Кимё ва Кимёвий технологияси» журнали таҳририятида
таҳрир қилинди.

Бичими 60x84^{1/16}. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 5.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.

