

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.03.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

АБДИРОВА МУХАББАТ ТУРДАЛИЕВНА

**САНОАТ КОРХОНАЛАРИДА ОҲАК ЧИҚИНДИЛАРИДАН КИМЁВИЙ
УСУЛДА ОЛИНГАН БЎР ЧЎКДИСИНИ ҚУРИТИШНИНГ
ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИК СХЕМАСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of the dissertation abstract of doctor of philosophy(PhD)

Абдирова Мухаббат Турдалиевна

Саноат корхоналарида оҳак чиқиндиларидан кимёвий усулда олинган бўр
чиқиндисини қуритишнинг энерготехнологик схемасини ишлаб чиқиш 3

Абдирова Мухаббат Турдалиевна

Разработка энерготехнологической схемы сушки химически осажденного мела
из известковых отходов промышленных предприятий 21

Abdirova Mukhabbat Turdalievna

Development of an energy-technological scheme for drying chemically deposited
chalk from calcareous wastes of industrial enterprises 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works 42

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.03.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

АБДИРОВА МУХАББАТ ТУРДАЛИЕВНА

**САНОАТ КОРХОНАЛАРИДА ОҲАК ЧИҚИНДИЛАРИДАН КИМЁВИЙ
УСУЛДА ОЛИНГАН БЎР ЧЎКДИСИНИ ҚУРИТИШНИНГ
ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИК СХЕМАСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

Тошкент – 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида №В2019.4.PhD/Т1014 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (рус, ўзбек, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифада (www.tdtu.uz) ҳамда «Ziyonet» ахборот-таълим портали (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Мухиддинов Джалалиддин Насырович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Мухитдинов Джалолитдин Пахритдинович
техника фанлари доктори, профессор

Алимов Хасан Арипович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Бухоро муҳандислик-технология институти

Диссертация химояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 рақамли илмий кенгашининг «__»_____ 2021 йил соат ____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@edu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (__ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел.: (99871) 246-03-41).

Диссертация автореферати 2021 йил «__»_____ куни тарқатилди.
(2021 йил «__»_____ даги ____ - рақамли реестр баённомаси)

Н.Р.Юсупбеков

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

У.Ф.Мамиров

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

Дж.П.Мухитдинов

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

Кириш (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда сўнги вақтларда ишлаб чиқаришнинг турли соҳаларидаги замонавий кимё ва нефт-кимё саноатини такомиллаштиришда замон талабларига мос рақобатбардош, импорт ўрнини босадиган технологиялар, такомиллашган самалари конструкцияланган янги қурилмалар ва аппаратларни яратиш чуқур фундаментал тадқиқотларни олиб бориш ҳамда шу йўналишда илмий техник масалаларни ҳал этишга алдоҳида эътибор қаратилмоқда. Юқори самарали уюрмали қатлам контакт қурилмалари ва уларга асосланган қурилмаларни ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш долзарб масалалардан бири ҳисобланади. Бу борада, иссиқлик алмашилиш жараёнларининг энергетик ва иқтисодий самарадорлигини ошириш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳонда замонавий кимё машинасозлиги ривожланишининг фундаментал ва амалий асослари бўлган иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнларини жадаллаштириш ва такомиллаштириш йўналишида илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Кимёвий технология жараёнини паст температурадан фойдаланиб, самарали иссиқлик алмашилиш аппаратларини кимё саноатида қўллаш илмий амалий масалалардан бири ҳисобланади. Бу йўналишда, жумладан, иссиқлик алмашилиш жараёнларини жадаллаштириш ва такомиллаштириш, шунингдек қурилманинг конструкциясини ихчамлаштиришда энергия ва ресурс тежамкорликни таъминловчи такомиллашган технологияларни яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамызда иссиқлик ва энергиядан фойдаланиш самарадорлиги, ихчамлиги, ишончлилиги ва бошқа параметрларни оширувчи янги қурилмаларни яратишга катта эътибор қаратилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «... макроиқтисодий барқарорликни мустаҳкамлаш ва юқори иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаб қолиш, миллий иқтисодиётни барқарорлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни бажаришда, жумладан, иссиқлик алмашилиш жарёнларини интенсивлаш ва юқори кувватли қуриштириш қурилмаларни ишлаб чиқиш долзарб ва зарурий масала бўлиб, иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ- 4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ- 3682-сон «Инновацион ғоялар, технологияларни амалий тадбиқ этиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида», 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришнинг Ҳаракатлар стратегияси тўғрисидаги» Фармони.

инвестициявий жозибадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорларида ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг усутвор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергия ва энергия ресурсларни тежаш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Жаҳон олимлари томонидан иссиқлик тарқалишини жадаллаштириш бўйича кўплаб илмий тадқиқотлар олиб борилган. Иссиқлик алмашинишни жадаллаштириш жараёнларини технология ва қурилмалар конструкцияси самарадорлигини ошириш ва ихчам самалари иссиқлик масса алмашиниш, қуриштириш қурилмаларини яратиш бўйича кўплаб ҳорижлик олимлар, жумладан Н.И. Гелперин, А.Ф. Долидович, С.С. Забродский., А.В. Лыков., П.Д. Лебедев., П.Г. Романков, И.Т. Эльперин, Б.С. Сажин, N. Epstein, F.A. Lukenbach, K.B. Mathur, Y. Nikajima, A. Yokogawa ва бошқалар ҳамда мамлакатимиз олимлари, жумладан Е.С. Аббасов, Р.П. Бабаходжаев, Р.А. Зоҳидов, С.Г. Зокиров, Дж.П. Мухиддинов, Д.Н. Мухиддинов, М.Н. Набиев, Х.С. Нурмухамедов, Н.У. Ризаев, З.С.Салимов, Г.Н.Узақов, Н.Р. Юсупбеков ва бошқалар ўзларининг улкан ҳиссаларини кўшишган.

Бугунги кунда иссиқлик алмашиш қурилмаларида иссиқлик ўтказишнинг назарий асосларига, иссиқлик алмашишни жадаллаштиришга, шунингдек, ихчам ва энергия тежайдиган жиҳоз ва қурилмаларни яратиш бўйича кўплаб илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган.

Шу билан бирга, илмий нашрларда қуриштириш қурилмаларини самарадорлигини оширишда заррачалар ва ҳаво оқимларининг ҳаракатланиш характерлари, уларга таъсир этувчи омиллар, айланма қатламда қуриштириш ва майдалаш жараёнини моделлаштириш, ҳамда амалий тадқиқ қилиш масалалари етарлича кўриб чиқилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режаларининг ОТ-А3-58-«Полидисперс материалларни иссиқлик билан ишлов бериш учун фаол гидродинамик режимли энергия самарадор кўпфункционали қурилма» мавзусидаги лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади фаввора қатламда кимёвий усулда олинган бўрни қуриштириш технологиясини такомиллаштириш орқали иссиқлик ва масса алмашиш қурилмаларини қуриштириш энергетикаси ва технология самарадорлигини оширишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

фавворали қатлам қуриштириш қурилмасининг самарали конструкциясининг математик моделини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш ва шунинг асосида саноат қуриштириш аппаратининг ҳисоблаш методикасини яратиш;

фавворали қатламда айланма ҳаракатланувчи оқимли қуриштириш қурилмалари ишини танқидий таҳлил қилиш;

кимёвий усулда олинган бўрни бир вақтда қуритиш ва майдалашнинг гидродинамика ва иссиқлик-масса узатиш жараёнлари қонуниятларини ўрганиш учун математик модел ва лаборатория тажриба қурилмасини ишлаб чиқиш;

кимёвий усулда олинган бўр учун фавворали қуритиш аппаратини ҳисоблашнинг муҳандислик усулини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида кимёвий усулда олинган бўрни қуритиш ускунасининг технологик схемаси олинган.

Тадқиқотнинг предметини қуритиш ускуналарида кечадиган гидродинамик ва иссиқлик жараёнларини кучайтириш усулларининг қонуниятлари ва тамойилари ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияда қўйилган вазифаларни ҳал этиш учун жараёнларнинг физик модели, термодинамик ва термик ҳисоблаш усуллари, гидродинамик ва термик қуритиш жараёнларини математик моделлаштириш, гидродинамик ва термик жараёнларни текширишнинг сонли ва экспериментал усуллари ҳамда тадқиқотда олинган натижаларнинг статик қайта ишлаш усулларидадан қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

жадаллаштирилган айланувчи фавворали қатламда қуритиш жараёнининг гидродинамик қонуниятлари аниқланган;

кимёвий усулда олинган бўрни қуритиш ва майдалаш учун энергия тежамкор кўп функцияли қуритиш ва майдалаш қурилмаси ишлаб чиқилган;

фавворали айланувчи қатлам учун аппарат ҳажмининг чеккасида газ, бўр ва инерт каттик заррачаларнинг тезлиги, қатлам баландлиги бўйича каттик заррачалар концентрациясини ишчи камеранинг геометрик ўлчамлари ва ишчи камеранинг пастки қисмидаги уюрмаловчининг бурчагига боғлиқлигини характерловчи параметрлар аниқланган;

аппарат ички юзасининг четида айланувчи фавворали қатламда иссиқлик ва масса алмашинувчи қуритиш жараёни ва майдаланишни характерли параметрларини тавсифловчи математик модел ишлаб чиқилган;

янги ишлаб чиқилган қуритиш қурилмаларида кечадиган гидродинамик ва иссиқлик жараёнларининг маълум физик қонуниятларини характерловчи кўрсаткичларининг сонли ва экспериментал қийматлари аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

кимёвий усулда олинган бўрни қуритиш учун фавворали қатламли қурилмани қўллашнинг мақсадга мувофиқлиги ва истиқболлари қўрсатилган;

иссиқлик ва технологик ишлов бериш объекти сифатида кимёвий усулда олинган бўрни қуритиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш учун зарур хоссалар аниқланган;

фаввора қатламида қуритишнинг ишлаб чиқилган математик модели асосида саноатда ишлатиладиган қурилма ишлаб чиқарилган;

мураккаб иссиқлик ва масса алмашинув жараёнининг локал ва интеграл хусусиятлари ҳақидаги маълумотларни жиддий кенгайтириш орқали экспериментал тадқиқотлар ҳажмини қисқартириш мумкинлиги аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Олинган тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ҳисоблаш ва тажриба ускунасида олинган

натижалар, иссиқлик энегетикаси ва иссиқлик ишлатувчи ускуналарни компьютер моделида олинган тадқиқотларини таққослаш таҳлилигини ўзаро мослиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти қуритиш қурилмаси мисолида гидродинамик, иссиқлик жараёнлари ва иссиқлик ёрдамида қурилмаларнинг ишлаш режимлари параметрларини ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқишдан иборат. Ҳисобланган боғлиқликлар нам бўрни бир вақтда қуритиш ва майдалаш билан айланувчан қатламли камерада қаттиқ заррачаларнинг ҳаракат параметрларини аниқлаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундаки, майдаланган қатламнинг назарий ва экспериментал тадқиқотлари натижаларига асосланган ҳисоблаш усуллари самарали бўр қуритиш схемасини оқлашга ва саноат монтажининг ишлаш ва лойиҳалаш параметрларини ҳисоблаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларини жорий қилиниши. Кимёвий усулда олинган бўр чўкиндисини қуритиш жараёнининг самарадорлигини ошириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

унумдорлиги 500 кг/соатга тенг лойиҳаланган ва ишлаб чиқилган саноат қуритиш қурилмаси «Хасан-Хусан Текст» МЧЖда амалиётга жорий қилинган («Ўзсаноатқурилишматериаллари» уюшмаси 2021 йил 8 июндаги 05/15-1495-сон маълумотномаси). Натижада, технологик тизимдан алоҳида майдалагични чиқариб ташлаш ҳисобига қурилманинг энергетик самарадорлиги ва тайёр маҳсулотнинг сифатини ошириш ҳамда донадорлик таркиби текисланишига имкон берган;

яқуний маҳсулотни силлиқлаш билан бир вақтда самарадорлиги 500 кг/соат бўлган кимёвий усулда бўр чўкиндисини қуритиш мосламасининг ишлаб чиқилган техник дизайни «Хасан-Хусан Текст» МЧЖда амалиётга жорий қилинган («Ўзсаноатқурилишматериаллари» уюшмаси 2021 йил 8 июндаги 05/15-1495-сон маълумотномаси). Натижада, тайёр маҳсулотнинг сифатини ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертация материаллари 2 та халқаро ва 2 та республика илмий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларини эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 16 та илмий иш, шулардан 7 таси мақола, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси тавсия этган илмий нашрларда 5 та мақола, жумладан, 2 таси хорижий журналларида нашр этилиб, ЭҲМ лар учун дастурий маҳсулотларга Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигидан рўйхатдан ўтган 5 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, 5 та боб, хулосадан, адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертация 106 varaқли ёзилган матнда тақдим этилган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, объект ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг 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 **«Кимёвий усулда олинган (кальций карбонат) бўр чиқиндисини, қуритиш технологиясининг ҳозирги ҳолатини таҳлил қилиш ва тадқиқот муаммосини шакллантириш»** номли биринчи бобида фақат сувсизланишга олиб келадиган мураккаб технологик жараён бўлган термик қуритишнинг баъзи механизмлари, шунингдек, юқорида айтиб ўтилганидек, қуритиладиган материалнинг хусусиятлари ва хусусиятлари ва хусусиятларининг сезиларли ўзгариши кўриб чиқилади. Қуритиш шунингдек, материал ичида (ички қуритиш вазифаси) ва унинг сиртидан ташқарида (ташқи қуритиш вазифаси) содир бўладиган иссиқлик ва масса алмашиш жараёнлари мажмуи сифатида тушунилади ва унинг сувсизланишини таъминлайди, қуритишнинг оқилона усули ва режими танланади, уни сувсизлантириш учун оқилона қуритиш ускунаси ишлаб чиқилган.

Ҳозирги ҳолати таҳлил қилиниб, маҳаллий хомашё асосида саноат ва ишлаб чиқаришни ривожлантириш истиқболлари очиб берилган. Мавжуд жараён ва қурилмаларга оид илмий адабиётларни таҳлилий шарҳлаш, кимёвий усулда олинган бўрни саноат усулида қайта ишлаш, қуритиш ускуналарида содир бўладиган жараёнларни математик моделлаштириш, қуритиш ускуналарининг ҳисоб-китоблари ва схемалари лойиҳалаштирилган.

Мамлакат саноат мажмуасида кенг тарқалган қуритиш заводлари конструкцияларини таҳлил қилиш масалаларининг ҳозирги ҳолатини баҳолаш, қуритиш усуллари, саноат қуритиш усуллари ва кимёвий усулда олинган бўрни бир вақтда қуритиш учун мўлжалланган аппаратларнинг оқилона турини яратишни талаб қилувчи муаммолар мавжуд деган хулосага келинади. Бўлимнинг мавжуд материаллари асосида тегишли хулосалар чиқарилди ва тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари белгиланди.

Диссертациянинг **«Қуритиш объекти сифатида кимёвий чўктирилган бўр таҳлили асосида қуритиш усулини танлаш»** номли иккинчи бобида кимёвий усулда олинган бўрнинг сорбцион таркибий хусусиятларини ва намликнинг материал билан ўзаро боғлиқлигини экспериментал равишда аниқлаш келтирилган.

Гидротермик ишлов бериш вақтида нам жисмлар технологик хоссаларини ўзгартиради. Бу ўзгаришларнинг сабаблари кўп жиҳатдан улар таркибидаги суяқликнинг материалнинг қаттиқ скелети билан боғланиш хусусиятига боғлиқдир.

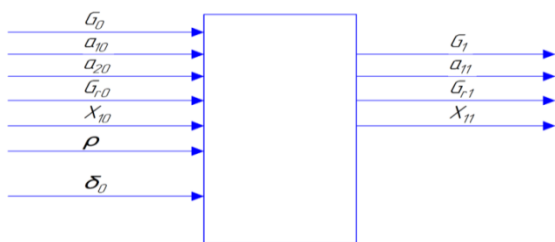
Сорбцияни ўрганиш-кимёвий чўктирилган бўрнинг структуравий хусусиятлари ва намликнинг материал билан боғлиқлиги. Сорбция жараёни-қаттиқ ғовак жисмлар томонидан газлар ёки буғлар аралашмасида бир ёки бир неча компонентларнинг танлаб ютилиши ва ушлаб турилишидир. Қаттиқ жисмгаз фазаларида газ молекулаларнинг тутлиши адсорбциядир. Қаттиқ жисм кристалл ёки аморф структурасига газ молекулаларининг кириш ютилиш жараёнидир. Кўпинча бу иккала жараён бир вақтда кузатилади, бу ҳолатда газлар ёки буғларнинг ютилишининг умумий таъсири сорбция атамаси билан белгиланади. Қуритиш жараёнини интенсивлаш усулини назарий асослаш учун қуритиш жараёнида иссиқлик ва масса алмашишни белгиловчи бўрнинг намлик билан алоқа механизмини очиб беради.

Бўрни иситишдан олинган дериватограммаси материалнинг рухсат этилган иситиш ҳароратини аниқлаш имконини беради. Бўрнинг сорбция-десорбция изотермалари ва материалнинг физик хоссалари бўйича классификациясидан олинган экспериментал маълумотлар асосида ғовак тақсимотининг радиуси бўйича дифференциал ва интеграл вазифалари ҳисобланади. Сорбция маълумотлари асосида кимёвий чўктирилган бўрнинг намлик билан боғланиш энергиясини аниқлаш номограммаси, микроғовакларнинг солиштирма ҳажми, солиштирма юза майдони ва моноқатламларнинг соф десорбция иссиқлиги ҳисоблаб топилади. Бўрнинг максимал гигроскопик намлигига кўра « сув билан» максимал сорбция ҳажми баҳоланади. Кимёвий чўктирилган бўр хоссаларини ўрганиш, уларнинг муносабатларини қуритиш жараёнини оқилона ташкил этиш, асосий (доминант) хоссаларини аниқлаш нуқтаи назаридан ҳар томонлама таҳлил қилиш билан яқунланади.

Диссертациянинг «Айланувчи оқимлар билан қуритиш қурилмаларида гидродинамика ва иссиқлик-масса узатиш жараёнларини математик моделлаштириш ва экспериментал ўрганиш» номли учинчи бобида. Тадқиқотлар оммавий материалларни ҳаво оқими ёрдамида ажратиш пайтида бутун маҳсулотни бир вақтнинг ўзида майдалаш билан янада тежамкор ва оддий қуритиш усулини амалга ошириш имкониятини кўрсатади. Шу пайтгача материалларни майдалаш ва ажратиш учун бутун маҳсулотни бир вақтда майдалаш билан саралаш айланма қатламда қуритиш жараёнини ҳисоблаш қийин бўлган.

Бўрни (калций карбонатни) -компьютер дастурлари асосида айланма қатламида қуритиш жараёнини аниқ моделлаштиришни аниқлаш учун маҳсулотнинг бир вақтнинг ўзида майдаланиши билан маҳсулотнинг бир вақтнинг ўзида силлиқлаш билан қуритиш пайтида материалларни яхши ажратишни таъминлаш усуллари сақлаб қолиш учун имкон беради.

Кўп босқичли тизим таҳлиллари ёрдамида биз мақсадли маҳсулотни бир вақтнинг ўзида майдалаш билан қуритиш (калций карбонат), бўрининг умумий қонунларини ўрнатдик ва қуритиш жараёнида муҳим бўлган физик ва кимёвий таъсирлар ва ходисаларнинг асосий муносабатларини аниқладик, айланма қатламда бўрнинг мақсадли маҳсулотини (калций карбонат) бир вақтда майдалаш билан қуритиш жараёнининг ишлаш режимларини интенсивлаштиришнинг рационал усуллари ҳам таклиф этилади.



1-расм. Моделлаштириш объекти сифатида айланма қатламда (кальций карбонат) бўрни бир вақтда майдалаш билан қуритиш жараёни.

Қуритиш қурилмасига намлиги маълум концентрацияси билан (кальций карбонат) бўр берилади.. Нам пастасимон (кальций карбонатли) бўр материали ҳўллаб оқувчан ҳажмда қуритиш жараёнининг пастки қисмида оқувчан ҳолатда шишасимон шарчалар юзаларини қоғлайди. Иссиқ газ етказиб бериш билан аппаратда фонтанланиш жараени бошланиб, материалнинг бир қисми қолади, бир қисми эса ҳаво билан олиб кетилади. Танланган квазиаппарат учун қуйидаги дифференциал тенгламани оламиз

$$\frac{da_{i1}}{d\tau} = \frac{1}{S_c * h_{пс} * \rho_{пс}} (G_0 * a_{i0} - G_1 * a_{i1} - K * (1 - a_{i1}))$$

"K" коэффиценти газ ва материалнинг оқим тезлиги ва ҳароратига, ҳайдалма қатлам қалинлиги ва ғоваклигига, заррача диаметри, зичлиги, аппаратнинг ўлчами ва бошқаларга боғлиқ.

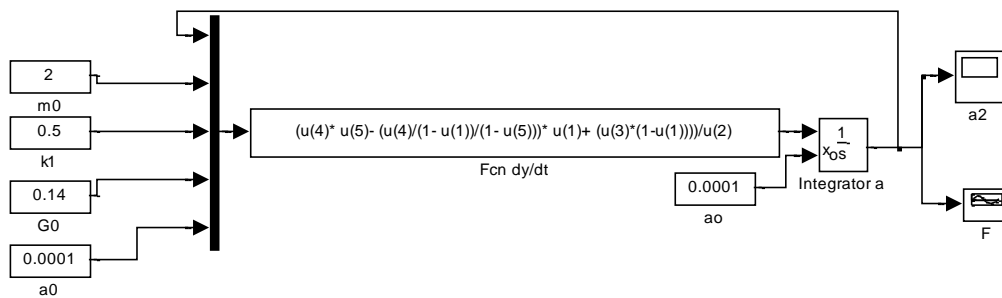
$$(k = f(G_r; T_r; T_m; h_{пс}; \varepsilon; d_q; \rho_q; \text{ва ҳоказо.}))$$

Компьютер модели қуйидагича ишлайди: 1 ва 2 блоклар орқали кириш параметрларининг сон қийматларини киритгач, бу сигналлар сигнал олиш бирлиги 3 да йиғилади, сўнгра параметр қийматлари блок 4 да ва integrator 5 да ҳисобланади. Ҳисоблашлар натижалари вақт графиклари 6 шаклида кўрсатилади. Олинган натижалар яна сигнал олиш бўлинмасига юкланади ва ҳисоблаш бўлинмаси 9 да аниқланади. Ҳисоблашлар натижаларини 7 рақамли экранда ва 6 қурилмасидаги вақт графиклари кўринишида кузатиш мумкин.

Компьютер модели қуйидаги блоклардан иборат: бир ҳужайрали компьютер модели қуйидаги блоклардан иборат:

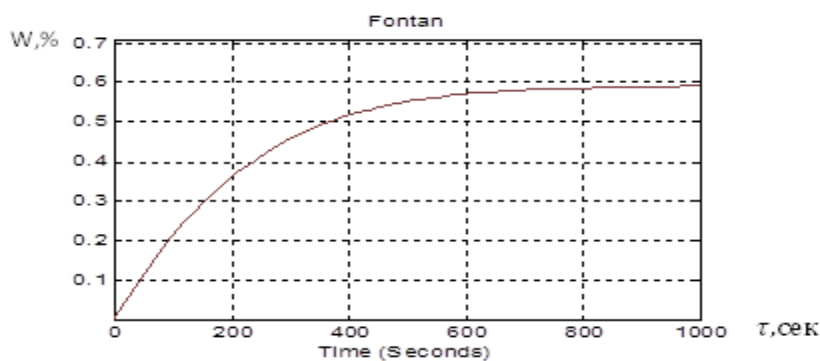
1. Киритиш бирликлари 1,2, 3, 4;
2. Сигнал олиш бирликлари 5;
3. Ҳисоблаш блоклари 6,8;
4. Интегратор7;
5. Вақт блоклари 9, 10, 11 графиги

Бир ҳужайрали узлуксиз жараённинг математик тавсифидан фойдаланиб, MATLAB дастурлар пакети ёрдамида бир ҳужайрали компьютер модели олинди (2-расм).



2-расм. Фавворали қатламда биринчи конуссимон қисмида қуритилган майдаланган бутун маҳсулотни пневмосепарциялашнинг узлуксиз жараёни учун компьютер модели.

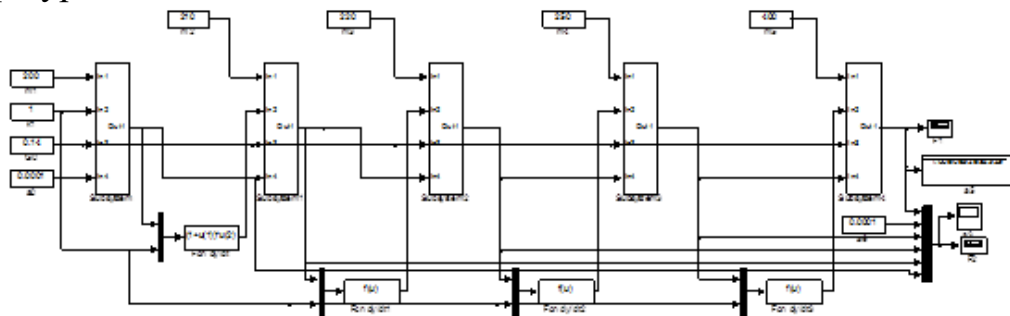
Бир ҳужайрали компьютер моделларининг кириш бирлигига қуйидаги кириш параметрлари киритилади: аралашмадаги оғир компонентларнинг таркиби $\Gamma=500/3600=0.14$ кг/с, енгил компонентнинг концентрацияси a_{10} , материалнинг умумий массаси $m=2$. Чиқиш параметри умумий аралашмадаги компонентининг концентрациясидир. 10 вақт графигида чиқиш параметрининг ўзгаришини аралашманинг умумий массасида ёруғлик компоненти массасининг ўзгаришини кузатамиз. Вақтинчалик графикда 11 енгил компонентининг модданинг умумий массасига нисбатан концентрациясининг ўзгариш графикларини кўрсатади. 3-расмда. майдаланган материалнинг массаси $m=2$ кг ва майдалаш коэффиценти $K=0.5$ да бир квазиаппаратли айланма қатламда майдаланган материал концентрациясининг ўзгариши осон айланишга олиб келади.



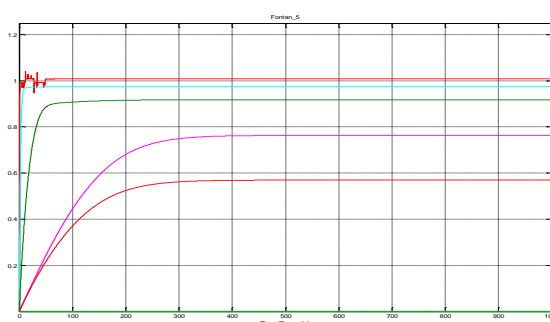
3-расм. Бир квазиаппаратли айланма қатламда майдаланган материал концентрациясининг ўзгариши.

Бу модель (3) расмда кўрсатилган. Расмдан кўришиб турибдики, сонли блоклар тўплами блокнинг биринчи қисми аппаратнинг конуссимон қисмидаги заррачаларнинг фонтан ҳажми бошланишининг блокига мос келади. Кейинги блок ҳам фонтан ҳажми конуссимон қисмининг ўрталаридаги концентрация ўзгаришларини белгилайди. Учинчи бирлик газ фазасида майда заррачалар концентрациясининг ўзгаришини белгилайди, яъни конуссимон қисм цилиндр қисмига бирлаштирилган. Тўртинчи блок аппаратнинг цилиндр қисми газ фазасида тайёр маҳсулотнинг майда заррачалари концентрациясининг ўзгаришини белгилайди. Бешинчи блок квазиаппаратнинг юқори цилиндрик

қисмидаги концентрация ўзгаришларини белгилайди. Бу қисмда концентрациядаги ўзгаришларни қайд этишни аниқлаш учун ўрнатилган ўлчов асбоблари ўрнатилган.



4-расм. Беш квазиаппаратли фавворали ускунада майдалаш жараёни ва маҳсулот ишлаб чиқаришнинг компьютер модели.



5-расм. $m_0=2$ кг, $K=1$.деб қабул қилинган янада айланувчан оқим учун ўтиш жараенининг эгри чизиқлари кўрсатилган.

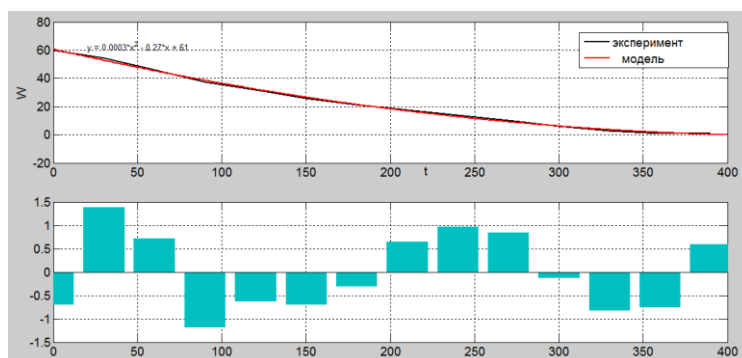
Шундай қилиб, параметрларнинг кириш қийматларини киритиб, аппаратдаги ўтиш жараёнининг эгри чизиқларини оламиз. 105°C температурада қуриштишнинг математик моделлари ва 60% материалнинг бошланғич намлиги материал намлигининг вақт ўтиши билан ўзгариши тажрибалари натижаларини қайта ишлаш йўли билан олинди. Бу компьютерда жадвалли намлик маълумотларини киритиш орқали амалга оширилади. Қайта ишлашдан кейин натижаларни регрессия тенгламаси шаклида йўналтирилган тасодикий қидириш усуллари асосида кўриб чиқилди. Графиклар (1,2,3) регрессия тенгламалари билан компьютерда олинган тажриба қуриштиш эгри чизиқлари билан таққослашни кўрсатади.

$Y \Rightarrow \tau = [0 \ 30 \ 60 \ 90 \ 120 \ 150 \ 180 \ 210 \ 240 \ 270 \ 300 \ 330 \ 360 \ 390];$ (sek)

$X \Rightarrow W = [60 \ 54.2 \ 46.2 \ 37.5 \ 31.8 \ 26 \ 21.2 \ 17.5 \ 13.7 \ 10 \ 6 \ 2.8 \ 0.9 \ 0.8];$ (%)

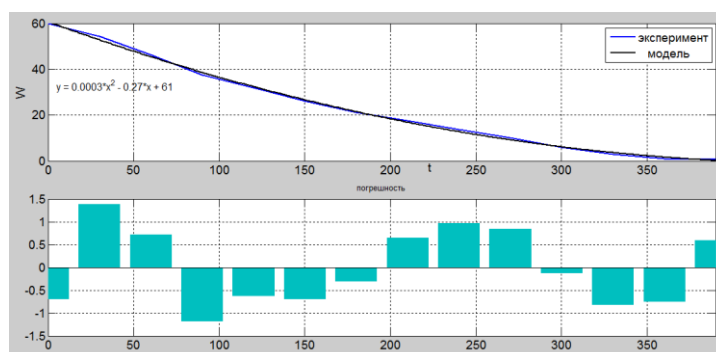
$\gg \text{plot}(\tau, W)$ **Тенглама:** $y = 0.0003 * x^2 - 0.27 * x + 61$, $t = 105^{\circ}\text{C}$

1-график



Тенглама: $y = p1 * x^2 + p2 * x + p3$ коэффициентлар:
 $p1 = 0.00029808$; $p2 = -0.27131$; $p3 = 60.684$, хатолик даражаси = 2.9807, $t = 150$ °C
 $X = \gg \tau = [0 \ 30 \ 60 \ 90 \ 120 \ 150 \ 180 \ 210 \ 240 \ 270 \ 300 \ 330 \ 360 \ 390]$; (sek)
 $Y = \gg W = [60 \ 38 \ 26 \ 18 \ 11.5 \ 6 \ 3 \ 2 \ 1.7 \ 1.4 \ 1.2 \ 1 \ 0.8 \ 0.6]$; (%), $\gg \text{plot}(\tau, W)$

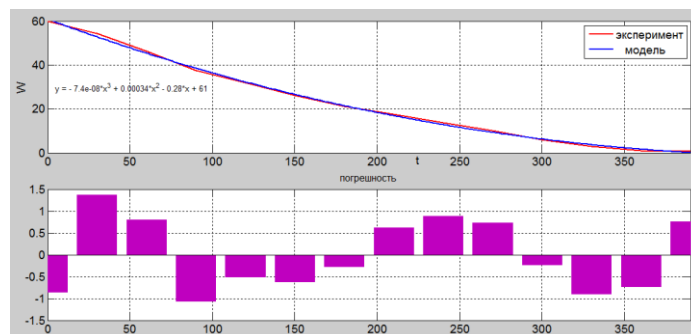
2-график



Тенглама: $y = p1 * x^2 + p2 * x + p3$ коэффициентлар:
 $p1 = 0.00029808$; $p2 = -0.27131$; $p3 = 60.684$, хатолик даражаси = 2.9807, $t = 180$ °C
 $X = \gg \tau = [0 \ 30 \ 60 \ 90 \ 120 \ 150 \ 180 \ 210 \ 240 \ 270 \ 300 \ 330 \ 360 \ 390]$; (sek)
 $Y = \gg W = [60 \ 23 \ 8 \ 3 \ 2 \ 1.8 \ 1.6 \ 1.4 \ 1 \ 0.9 \ 0.8 \ 0.7 \ 0.6 \ 0.4]$; (%), $\gg \text{plot}(\tau, W)$

Қурилманинг гидравлик қаршилигини аниқлаш тажрибалари қуйидаги усул бўйича олиб борилди: аппаратнинг каналлари орқали газ оқимини ўзгартириш йўли билан керакли гидравлик режим ўрнатилади. Режим барқарорлаштирилгандан сўнг аппаратнинг кириш ва чиқиш қувурларидаги статик босим томчилари дифференциал микроанометрга уланган импульс найчалари ёрдамида ўлчанди. Графикларда (4,5,6) компьютерда олинган регрессия тенгламалари билан кучайтгич тезлигидан инерт билан моддий

3-график

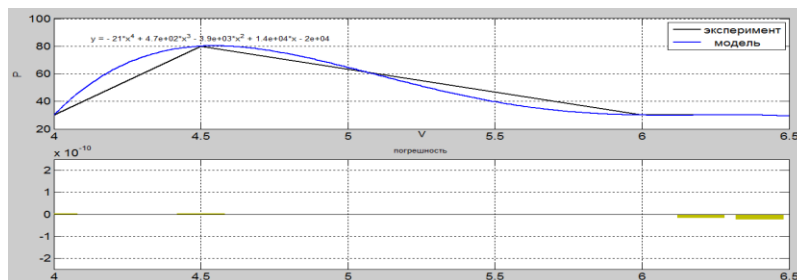


Тенглама: $y = p1 * x^3 + p2 * x^2 + p3 * x + p4$ коэффициентлар:
 $p1 = -7.4018e-08$; $p2 = 0.00034138$; $p3 = -0.27782$; $p4 = 60.855$

хатолик даражаси = 2.9572 қатламнинг экспериментал гидравлик қаршиликлари билан таққослаш кўрсатилган.

X= >> ̑=[4 4.5 6 6.2 6.4]; (м/с), Y= >> ΔP=[30 80 30 30 30]; (кН/м²),>>plot(v,P)

4-график

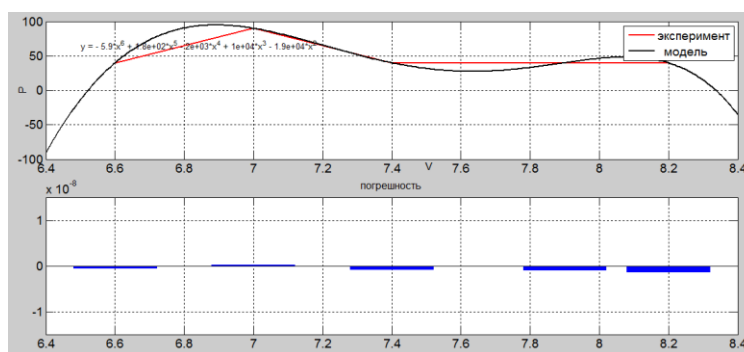


Тенглама: $y = p1 \cdot x^4 + p2 \cdot x^3 + p3 \cdot x^2 + p4 \cdot x + p5$, коэффициентлар:

$p1 = -20.64; p2 = 466.46; p3 = -3915; p4 = 14431; p5 = -19626$, хатолик даражаси = $2.6734e-11$, X= >> ̑=[6.6 7 7.4 7.9 8.2]; (м/с)

Y= >> ΔP=[40 90 40 40 40]; (кН/м²)>>plot (v,P)

5-график



Тенглама: $y = p1 \cdot x^6 + p2 \cdot x^5 + p3 \cdot x^4 + p4 \cdot x^3 + p5 \cdot x^2 + p6 \cdot x + p7$

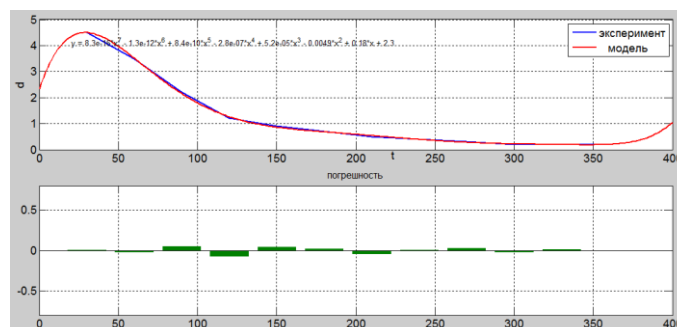
коэффициентлар: $p1 = -5.9039; p2 = 177.7; p3 = -2001.4; p4 = 9994.9; p5 = -18672; p6 = 0; p7 = 0$; хатолик даражаси = $1.9395e-09$

Бўр заррачаларининг диаметрини ўзгариши фонтанли қатламда бўлиш вақтига қараб ўзгаради.

X= >>τ=[30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360];

Y= >> d=[4.5 3.5 2.2 1.2 0.9 0.7 0.5 0.4 0.3 0.2 0.2 0.2];>> plot (t,d)

6-график



Тенглама: $y = p1 \cdot x^7 + p2 \cdot x^6 + p3 \cdot x^5 + p4 \cdot x^4 + p5 \cdot x^3 + p6 \cdot x^2 + p7 \cdot x + p8$

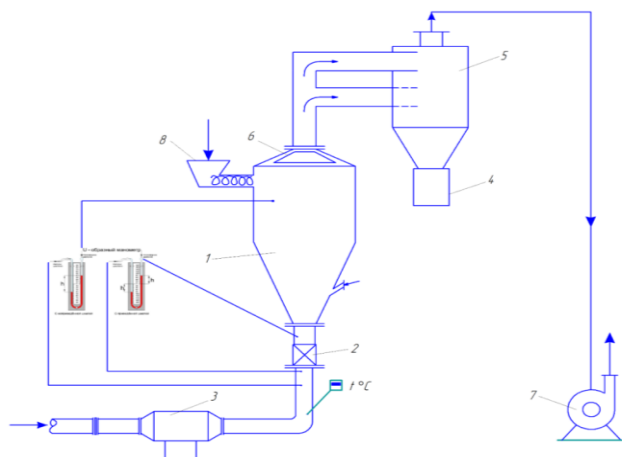
коэффициентлар:

$p1 = 8.328e-16; p2 = -1.3039e-12; p3 = 8.3536e-10; p4 = -2.7975e-07; p5 = 5.1551e-05; p6 = -0.0049284; p7 = 0.18031; p8 = 2.3394$; хатолик даражаси = 0.10876

Диссертациянинг «Кимёвий усулда олинган бўрни қуритиш жараёнининг аэродинамикаси ва кинетикаси экспериментал усул ва экспериментал ўрганиш» номли тўртинчи бобида кимёвий усулда олинган бўрни қуритиш бўйича экспериментал маълумотлар келтирилган.

Қурилманинг асосий элементи уюрмалагич 2 конуссимон камера ўрнатилган, Қурилма камераси пастки диаметри 30мм юқориги диаметри 300мм ва баландлиги 500мм бўлган кесилган конус шаклига эга. Бошланғич материал қурилманинг юқориги қисмидан берилади, тайёр маҳсулот юқори қисмидан чиқиб кетаётган газлар билан чиқариб юборилади. Қуритгич узлуксиз ишлайди. Ҳаво оқими калориферга киради, у ерда зарур ҳароратгача қиздирилади. Калорифердан чиқаётган ҳавонинг ҳарорати калорифер чўлғамлари билан уланган термोजуфтлик ва реле ёрдамида ростланади ва бир қийматда ушлаб турилади. Нам материал таъминлагич 3 билан берилади. Уюрмаланган оқимнинг гидродинамикасини кузатиш учун алоҳида сунъий шишадан цилиндр-конуссимон аппарат ясалган. Қурилмада материал ва инерт заррачалар оқими марказдан қочма куч таъсирида уюрмали ҳаракат қилади ва циклонга боради. Бу ҳолда, қуритиш билан бир вақтда, инерт заррачалар таъсирида материалнинг дезагрегацияси кузатилади. Қуритилган ва майдаланган бўр қуритиш камерасидан чиқиш қувурчаси орқали қарши айланувчи оқимлар қурилмасига тушади. У ерда қуритилган бўр ҳаво оқимидан ажратилади.

Материалнинг намлиги оғирлигини ўлчаш усули билан аниқланади. Охирги ва бошланғич намлик қийматлари тортиш йўли билан аниқланди.



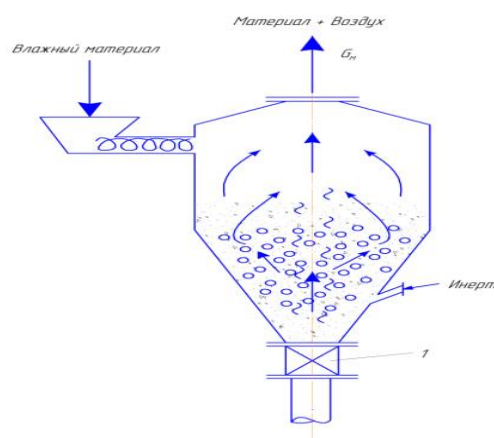
6-расм. Кимёвий усулда олинган бўрни қуритиш учун тажриба ўрнатиш схемаси.

1-қуритиш камераси, 2-уюрмалагич, 3-калорифер, 4-тайёр маҳсулот бункери, 5-ВЗП, 6- кузатиш учун ойна, 7-вентилятор, 8-шнекли таъминлагич, 9-U-симон манометр ва ростловчи назорат қилувчи микроманометр ММН-240

Қуритгичда тажриба техникаси қуйидагича: вентилятор ёқилди, иситгич жиҳоз стационар режимга ўтганда хом ашё таъминлагич ёқилди. Материалнинг охирги намлиги ҳаво оқими тезлигини ва иссиқлик ташувчи бошланғич ҳароратини ўзгартириш билан тартибга солинди.



7-расм. Кимёвий усулда олинган бўрни қуриштиш учун тажриба ускунаси расми.



8-расм. Қурилманинг чет зонасидаги фаза ҳаракатининг диаграммаси.

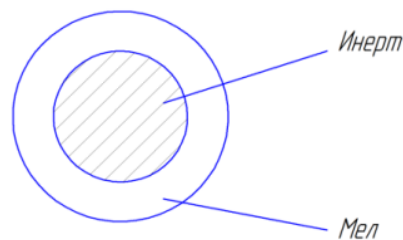
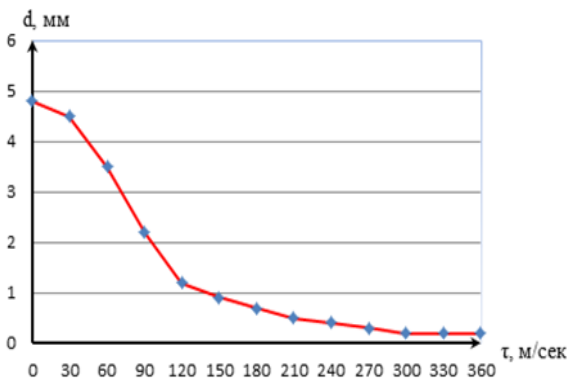
Экспериментал тадқиқотлар натижасида газ фазаси тезликлари майдонининг профили аппаратнинг ўқиға симметрик эканлиги аниқланди. Қурилманинг пастки қисмида газ фазаси тезлигининг тангенциал ташкил этувчиси (8-расм) девордан аппарат ўқиға қараб ортиб боради, максимал даражаға етади, сўнгра қурилма ўқиға нол қийматга эға бўлади. Қурилманинг баландлиги бўйича тангенциал ташкил этувчи максимумининг марказға қараб силжиши кузатилади. Бу ҳолда тангенциал ташкил этувчининг максимал қиймати абсолют қиймати бўйича камаяди ва ташкил этувчининг “текисланишини” мавжуд бўлиб, у уюрмали оқимнинг “сўнишини” кўрсатади.

Газ оқимининг ўқ бўйича тақсимланиши эса бошқа характерға эға (8-расм), қурилманинг қуйи қисмларида бу ташкил этувчининг қиймати четдан марказға томон ортиб боради, максимал даражаға етади, сўнгра камаяди ва аппарат ўқиға минимал қийматларни қабул қилади.

Заррачаларнинг майдаланиш тезлигини аниқлаш учун тажрибалар ўтказилди. Тажрибаларда фаввораланаётган инерт заррачалар қатламиға шнекли таъминлагичдан намлиги 60% ва диаметри $d=3,5\div 4,5$ мм бўлган бўр гранулалари узатилади. Натижада унинг сиртида бўр қатлами хосил бўлган инерт+бўр янги гранулалар пайдо бўлди. Тажриба давомида фавворали қатламдан ҳар 30 секундда, хосил бўлган янги гранулалар диаметрини аниқлаш мақсадида намуналар олинди. Гранулаларнинг диаметри микрометр билан ўлчанди. Тажрибалар инертнинг сиртида бўр заррачалари тўлиқ йўқолгунча ўтказилди. Олинган натижалар бўйича бўрли гранулалар диаметрининг қатламда бўлиш вақтиға боғлиқ ҳолда ўзгаришининг эгри чизиқлари қурилди.

1-Жадвал

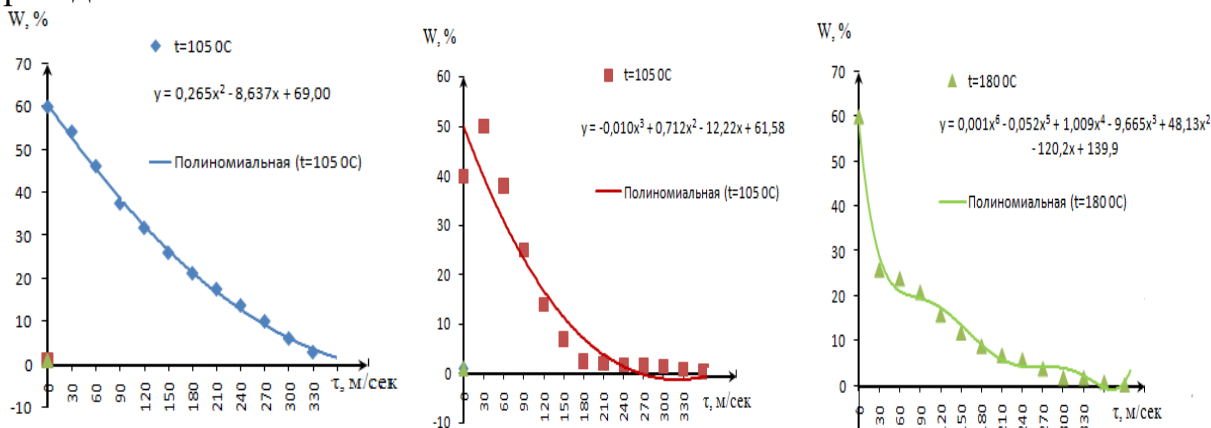
τ ,сек	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
d,мм	4,5	3,5	2,2	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2



9-расм. Майдалаш кинетикасининг эгри чизиклари.

10-расм. Юпқа қатлам билан қопланган шиша шар кесими.

Кимёвий усулда олинган бўр эритмасини пурқашда инерт жисм сиртида ҳосил бўлган юпқа қатламни ўрганиб чиқдик. Бунинг учун қатламдан намуналар олинди. Шиша жуда нозик бўлгани учун, биз полимер шарчалар устида иш олиб бордик. Бўр қатлами ҳосил бўлган полимер шарчалар икки бўлакка кесилган. Суратда бўрли юпқа қатлам билан қопланган полимер шарнинг кесими кўрсатилган. Ўлчовлар ҳосил бўлган пленка қалинлиги 0,2÷ 1,2 мм эканлигини кўрсатди.

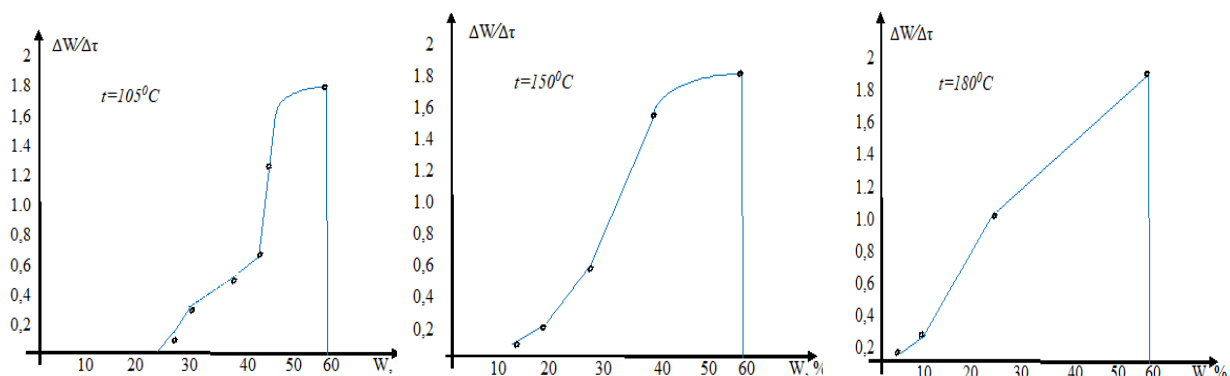


11-расм. Иссиқ ҳаво ҳарорати 105,150 ва 180°C ҳолатлари учун олинган кимёвий чўктирилган бўрни қуриштиш эгри чизиклари.

Иссиқ ҳаво ҳарорати 105,150 ва 180°C бўлганда қуриштиш тезлиги эгри чизикларини қуриш учун тажрибалар маълумотлари.

Жадвал 2.

№	105 °C		150 °C		180 °C	
	W, %	ΔW/Δτ, мин	W, %	ΔW/Δτ, мин	W, %	ΔW/Δτ, мин
1	60	0	60	0	60	0
2	54,4	1,8	38	1,26	23	0,76
3	46,2	0,77	26	0,43	8	0,13
4	37,5	0,42	18	0,2	3	0,03
5	31,8	0,27	11,5	0,09		
6	26	0,17				
7	21,2	0,12				
8	17,5	0,08				



12-расм. Кимёвий чўктирилган бўрнинг 105, 150, 180 °С да қуритиш тезлигининг эгри чизиқлари .

Диссертациянинг **"Ишлаб чиқилган инерт заррачали фавворали қуритиш аппаратининг амалий қўлланилиши ва техник-иқтисодий кўрсаткичлари"** номли бешинчи бобида фавворали қуритиш аппаратининг амалий қўлланилиш натижалари ва техник-иқтисодий кўрсаткичлари келтирилган. Қуритиш ускуналарини танлаш ва баҳолаш қуритиш жараёнини шакллантиришнинг иссиқлик-технологик принциплари асосида қурилманинг маълум хоссали материални қуритиш учун яроқлилик параметрлари ва унинг энергетик характеристикалари бўйича амалга оширилди.

Олиб борилган тадқиқотлар иссиқлик ва моддий балансни, материалнинг қурилмада бўлишининг ўртача вақтини ҳисобга олган ҳолда фавворали қатлам қурилмасини ҳисоблашнинг муҳандислик услубини яратиш имконини берди.

Тайёр маҳсулот бўйича унумдорлиги 500 кг / соат бўлган ишлаб чиқилган кимёвий чўктирилган кабонат калцийни қуритиш учун ишлаб чиқилган технология "Хасан-Ҳусан Текст" МЧЖ да тадбиқ этилган. Барча конструкторлик ва лойиха ҳужжатлари мавжуд. Фавворали қатламда қуритиш базавий карусель лентали қуритиш қурилмасига нисбатан ахамиятлиафзалликларга эга:

1. Тежаладиган энергия ташувчиларнинг ҳисобий нархининг қиймати:

$$\Sigma C = C_{\text{эл}} + C_{\text{теп}} = 179,6 \cdot 10^6$$

2. Йилига 8000 соат ишлатилган фаввора қатламли қуритгичдан олинадиган йиллик иқтисодий самара:

$$Э_{\text{год}} = 8000 \cdot 179,62 - 0,22 \cdot K_{\text{сфс}} = 17,91 \cdot 10^6 - 0,22 \cdot 25 \cdot 10^6 = 137,5 \cdot 10^6 \text{ сум.}$$

Бу ерда ЕП-инвестор учун капитални қайтаришнинг мақбул ставкаси бўлиб, 22% миқдорида қабул қилинган. $K_{\text{сфс}} = \text{кап, сарфлар}$ 25×10^6 . Бажарилган ҳисоблар таклиф қилинган фаввора қатламли қуритиш аппаратининг юқори самарадорлигини тасдиқлайди.

Х У Л О С А

1. Хоссаларни ҳар томонлама таҳлил қилиш асосида қуритиш жараёнини оқилона ташкил этиш нуқтаи назаридан муносабатларини ҳисобга олиб, асосий (доминант) хоссаларни аниқлаш, намликнинг боғланиш шакллари

- хамда иссиқлик барқарор-лиги, теплофизик хоссалари, ёпишқоқлиги ва дисперс таркибианиқланган.
2. Кимёвий чўктирилган бўрни ўрганиш хоссаларини ҳар томонлама таҳлил қилиш, уларнинг доминант хоссалар бурчагидан муносабатларини ҳисобга олиш билан яқунланди. Фаворали қатламда қуритиш усули танланди ва тажриба қурилмасини конструктив ўзгаришлардан сўнг саноат қуритиш қурилмасига айлантириш мумкин.
 3. Фавворали қатламда бўрни бир вақтда янчиш (кальций карбонат) билан қуритишнинг технологик ўрнатилишини таҳлил қилиш кўп босқичли системали таҳлил ёрдамида амалга оширилди. Бунинг учун тизим ва жараён бир бутун деб қаралди ва бутун тизимнинг кириш ва чиқиш параметрлари аниқланди.
 4. Квазиаппаратнинг қуйи иерархик даражасидан бошлаб фавораланиш бошланиши жараёни билан фаворали қатламидаги ажратиш жараёнининг математик тавсифи келиб чиқади. қуйи иерархик даража учун заррачаларнинг ҳосил бўлиш жараёни аниқланди ва заррачаларнинг чиқиши учун математик тавсифлар олинди.
 5. Тажриба натижаларини қайта ишлаш орқали намликнинг вақт билан ўзгариши 105, 150, 180°C ҳароратларда қуритишнинг математик модели ва бошланғич намлик миқдори 60% олинди.
 6. Энг муҳим хусусиятларидан бири бу фаввора қатламининг гидравлик қаршилигидир. Фавворали қатламнинг гидравлик қаршилигини инерсия билан қатламнинг турли баландликларидаги тезликка қараб аниқлаш, рационал қатлам баландлигини танлаб тажрибалар олиб борилди. Майдаланишнинг ҳаво оқими тезлигига ва қатламдаги инерт концентрациясига боғлиқлиги экспериментал топилди.
 7. Экспериментал тадқиқотлар натижасида газ фазасида тезлик майдонининг профили аппаратнинг ўқиға симметрик эканлиги аниқланди. Қурилманинг пастки қисмидаги газ фазасининг тезлиги тангенциал компоненти девордан аппарат ўқиға ортиб боради ва максимал даражаға етади, сўнгра аппарат ўқиға нол қиймат олиб камаяди. Қурилманинг баландлиги бўйлаб тангенциал компоненти максимум марказға ўтади.
 8. Экспериментал маълумотлар асосида иссиқ ҳаво ҳароратларда 105, 150, 180°C учун қуритиш эгри чизиқлари қурилган.
 9. Инерт жисман фавворали қатламида қуритиш асосий каруселли лентали қурилмаларига қараганда муҳим афзалликларға эга бўлиб, энергия истеъмоли 2÷2,5 баробар камаяди.
 10. Саноатда фойдаланиш учун кимёвий усулда чўктирилган бўр учун фавворали қатламли қуритиш қурилмасини жорий этишнинг иқтисодий самарадорлигини ҳисоблаш амалга оширилди. Ушбу иш натижаларини саноатда жорий этиш 179,6 млн. сум иқтисодий самара беради.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

АБДИРОВА МУХАББАТ ТУРДАЛИЕВНА

**РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СУШКИ
ХИМИЧЕСКИ ОСАЖДЕННОГО МЕЛА ИЗ ИЗВЕСТКОВЫХ ОТХОДОВ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**02.00.16 – Процессы и аппараты химических технологии и пищевых производств
(технические науки)**

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

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №B2019.4.PhD/T1014.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tdtu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziynet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: **Мухиддинов Джалолитдин Насырович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Мухитдинов Джалолитдин Пахритдинович**
доктор технических наук, профессор

Алимов Хасан Арипович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Бухарский инженерно-технологический институт**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2021 г. в «__» часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул.Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано №____). (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: 246-03-41.)

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2021 года.
(протокол рассылки №__ от «__» _____ 2021 г.).

Н.Р.Юсупбеков
Председатель научного совета по
присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор, академик

У.Ф.Мамиров
Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней,
доктор философии (PhD) по техническим наукам

Дж.П.Мухитдинов
председателя научного семинара при научном совете
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в последнее время уделяется особое внимание усовершенствованию современной химической и нефтехимической промышленности различных отраслей производства, разработке конкурентноспособных, импортозамещающих технологий, внедрению глубоких фундаментальных исследований в создании нового оборудования и аппаратов с усовершенствованными эффективными конструкциями и решению ряда научно-технических задач в этом направлении. Разработка и исследование высокоэффективных контактных устройств и установок на их основе является одной из актуальных задач. В связи с этим, повышение энергетической и экономической эффективности теплообменных процессов приобретает важное значение.

В мире ведутся научные исследования в направлении интенсификации и модернизации процессов тепло и массообмена, являющихся фундаментальными и практическими основами развития современного химического машиностроения. Применение эффективных теплообменных аппаратов использующие низкие температуры для интенсификации химико-технологических процессов в широком спектре химической промышленности считается одной из научно –практических проблем. В данном направлении, в частности, в интенсификации и модернизации теплообменных процессов, а также при проектировании компактных конструкций аппаратов необходима разработка энерго и ресурсосберегающих технологий.

В республике уделяется большое внимание и достигнуты определенные результаты в создании новых компактных и надежных устройств, повышающих эффективность использования тепла и энергии, а также другие параметры. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 гг. ставятся задачи, «... укрепления макроэкономической стабильности и поддержания высоких темпов экономического роста, повышения стабильности национальной экономики, ... сокращения потребления энергии и ресурсов в экономике, широкого внедрения энергосберегающих технологий в производстве»² Реализации поставленных задач, в том числе интенсификация процессов теплообмена и создание мощных сушильных устройств, является актуальной и востребованной задачей, а сокращение расходов энергии и ресурсов в экономике, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий считается одной из важных задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для реализации задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан УП-№ 4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениями ПП- №3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов» и ПП- № 4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и

¹Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» ПФ-4947 от февраля 2017 года.

повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», а также другими нормативно-правовыми документами в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологии республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики II: «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Учеными всего мира проведены многочисленные научные исследования в области интенсификации тепломассообменных процессов. Разработкой эффективных технологий и аппаратным оформлением процессов интенсификации теплообмена и по созданию компактных, эффективных теплообменных аппаратов и устройств занимались следующие зарубежные ученые: Гельперин Н.И., Долидович А.Ф., Забродский С.С., А.В. Лыков., П.Д. Лебедев., Романков П.Г., Эльперин И.Т., Сажин Б.С., Epstein N., Lukenbach F.A. Mathur K.B., Nikajima Y., Yokogawa A., и др., также отечественные ученые Аббасов Е.С., Бабаходжаев Р.П., Захидов Р.А., Закиров С.Г., Мухиддинов Д.П., Мухиддинов Д.Н., Набиев М.Н., Нурмухамедов Х.С., Ризаев Н.У., Салимов З.С., Узakov Г.Н., Юсупбеков Н.Р. и другими также выполнены исследования в области тепло - и массообмена и разработки энергосберегающего сушильного аппарата.

В настоящее время проведены многочисленные научно-исследовательские работы по теоретическим основам переноса тепла, а также по созданию компактных и энергосберегающих аппаратов и оборудования.

Вместе с тем в научных публикациях посвященных повышению эффективности сушильных установок не достаточно рассмотрены факторы, влияющие на характер движения частиц и воздушного потока и вопросы моделирования и практического исследования сушки и измельчения в вихревом слое.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских проектов Ташкентского государственного технического университета по теме: ОТ-А3-58-«Энергоэффективная многофункциональная установка с активным гидродинамическим режимом для тепловой обработки полидисперсных материалов» (2015-2019 гг.).

Целью исследования является повышение энергетической и технологической эффективности сушильных тепломассообменных аппаратов с усовершенствованием технологии сушки химически осажденного мела в фонтанирующем слое.

Задачи исследования:

разработка и комплексное исследование эффективной конструкции сушильного аппарата фонтанирующего слоя, математической модели и создание на этой основе методики расчёта промышленного сушильного аппарата;

проведение системного анализа работ существующих сушильных аппаратов с закрученными потоками в фонтанирующем слое;

разработка математической модели и лабораторной экспериментальной установки по изучению закономерностей гидродинамики и тепломассообменных процессов сушки с одновременным измельчением химически осажденного мела;

разработка инженерного метода расчета сушильного аппарата с закрученными потоками газовзвеси химически осажденного мела;

Объектом исследования выбрана технологическая схема сушильной установки получения химически осажденного мела.

Предметом исследования являются закономерности и принципы методов интенсификаций гидродинамических и тепловых процессов, протекающих в сушильных установках.

Методы исследования. Для решения поставленных задач использованы физическая модель процесса, методы термодинамических и теплотехнических расчетов, математического моделирования гидродинамических и тепловых процессов сушки, численные и экспериментальные методы исследования гидродинамических и тепловых процессов, а также методы статистической обработки полученных результатов.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

определены гидродинамические закономерности в процессе сушки интенсифицированного закрученного фонтанирующего слоя;

разработан энергоэффективный многофункциональный аппарат для сушки и измельчения химически осажденного мела;

получены параметры закрученного слоя в периферии аппарата, такие как скорость газа, твердых частиц мела и инерта, концентрация твердых частиц по высоте слоя в зависимости от геометрических параметров рабочей камеры и угла завихрителя нижней части рабочей камеры;

разработана математическая модель закрученного слоя в периферии аппарата, описывающая характерные параметры тепло-массообменного процесса сушки и измельчения закрученного слоя газовзвеси;

получены численные и экспериментальные значения параметров, характеризующие определенные физические закономерности при проведении гидродинамических и тепловых процессов в разработанном новом сушильном устройстве.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

показаны целесообразность и перспективы использования приведенного слоя устройства для сушки химически осажденного мела;

определены необходимые свойства химически осажденного мела как объекта термической обработки для расчета и проектирования сушильного оборудования;

на основе математической модели сушки в фонтанирующим слоем разработана промышленная сушильная установка;

определена возможность значительного сокращения объема экспериментальных исследований, расширяющая знания о локальных и интегральных особенностях сложного процесса тепломассопереноса.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов исследований подтверждена на основе сравнительного анализа расчетных и экспериментальных данных, полученных в созданных экспериментальных установках и компьютерных моделях теплоэнергетических и теплоиспользующих установок.

Научная и практическая значимости результатов исследований. Научная значимость результатов исследования состоит в разработке методов расчета параметров гидродинамических, тепловых процессов и режимов работы теплоиспользующих установок на примере сушильного устройства. Расчетные зависимости позволяют определять параметры движения твердых частиц в камере с закрученным слоем с одновременной сушкой и измельчением влажного мела.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что методы расчета, основанные на результаты теоретических и экспериментальных исследований закрученного слоя с измельчением позволяют, обосновать схему эффективной сушки мела и рассчитывать режимные и конструктивные параметры промышленной установки.

Внедрение результатов исследования. На основании результатов научных исследований по разработке установки для повышения эффективности процесса сушки химически осажденного мела:

спроектированная и изготовленная промышленная сушильная установка производительностью 500 кг/ час внедрена в ООО «Хасан- Хусан Текст» (Справка «Узпромстройматериалы №05/15-1495 от 08 июня 2021 года). В результате внедрения разработанной установки получилась возможность повысить энергетической эффективности установки, за счёт исключения из технологической линии отдельного измельчителя, повысилось качество и выровнялся грансостав готового продукта;

разработанный технический проект сушильного аппарата для химически осажденного мела производительностью 500 кг/час с одновременным измельчением готового продукта внедрен на ООО «Хасан- Хусан Текст» (Справка «Узпромстройматериалы №05/15-1495 от 08 июня 2021 года). В результате внедрения позволяют повысить качество готового продукта.

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

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертационного исследования опубликованы 16 научных работ, из них 7 в научных журналах, в том числе 5 из перечня ВАК РУз, получены 5 свидетельств об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 106 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, приведены сведения о внедрении в практику результатов исследования, по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ современного состояния технологии получения, сушки химически осажденного мела (карбоната кальция) и постановка задачи исследования»** рассмотрены некоторые механизмы тепловой сушки, представляющие собой сложный технологический процесс, приводящий не только к обезвоживанию, но и, как было сказано выше, существенному изменению свойств и характеристик высушиваемого материала за счет измельчения.

Выбраны рациональный метод и режим сушки, позволяющие спроектировать рациональную сушильную установку для обезвоживания влажного материала.

Проанализировано современное состояние и раскрыты перспективы развития производства пищевой продукции на основе местного сырья. Выполнен аналитический обзор научной литературы о существующих процессах и аппаратах промышленной переработки ХОМ, изучены математические модели процессов, протекающих в сушильных установках, методы расчетов и проектирования схем сушильных установок.

Оценивая современное состояние вопросов анализа конструкций сушильных установок, получивших распространение в промышленном комплексе страны, способов сушки, заключено, что существуют проблемы, требующие создания промышленных способов сушки, выбор рационального типа аппарата, предназначенного для одновременной сушки ХОМ. На основе анализа фактического материала главы выполнена постановка основной цели и задачи исследования.

Во второй главе диссертации **«Выбор способа сушки на основе анализа химически осажденного мела как объекта сушки»** приведены результаты исследования химически осажденного мела как объекта сушки. При гидротермической обработке влажные тела изменяют свои технологические свойства. Причины этих изменений в значительной степени обусловлены характером связи, содержащейся в них жидкости с твердым скелетом материала.

Исследование сорбционно-структурных свойств химически осажденного мела и связи влаги с материалом. Процесс сорбции - избирательное поглощение и удерживание одного или нескольких компонентов из смеси газов или паров твердыми пористыми телами. Удерживание молекул газа на поверхности раздела фаз «твердое тело – газ» представляет собой адсорбцию. Проникновение молекул газа внутрь кристаллической или аморфной структуры твердого тела

есть процесс абсорбции. Часто оба эти процесса наблюдаются одновременно, в этом случае суммарный эффект поглощения газов или паров обозначается термином сорбция.

Для теоретического обоснования метода интенсификации процесса сушки был выявлен механизм связи влаги мела, который определяет тепломассоперенос в процессе сушки.

Полученная дериватограмма нагревания мела позволяет обосновать допустимую температуру нагрева материала. На основе полученных экспериментальных данных изотерм сорбции-десорбции мела и классификация материала по физическим свойствам, рассчитаны дифференциальные и интегральные функции распределения пор по радиусам. На основе сорбционных данных рассчитаны: номограмма для определения энергии связи влаги химически осажденного мела, удельный объем микропор, удельная поверхность и чистая теплота десорбции монослоя. По величине максимального гигроскопического влагосодержания мела оценен предельный сорбционный объем «по воде».

Осуществлен выбор рационального типа сушильного аппарата с обеспечением необходимого времени сушки до конечного влагосодержания, которое может быть определено из кинетической кривой сушки исследуемого материала. Однако, параметры кинетических кривых зависят от режима процесса сушки, поэтому выбор сушильного аппарата удобнее проводить на основе обобщенного времени сушки, величина которого слабо зависит от режима и является характеристикой свойств материала.

В третьей главе диссертации **«Математическое моделирование и экспериментальные исследования гидродинамики и тепло-массообменных процессов в сушильных установках с закрученными потоками теплоносителей»** приведены результаты исследований, показывающие возможность реализации более экономичного и простого способа сушки с одновременным измельчением целевого продукта при сепарации сыпучих материалов с использованием воздушного потока. До настоящего времени трудно было рассчитывать процесс сушки в фонтанирующем слое с одновременным измельчением целевого продукта для тонкой сепарации материалов. Появление компьютерных программ позволяет осуществить точное моделирование технологического процесса сушки в фонтанирующем слое с одновременным измельчением целевого продукта, выявить и удерживать узкие диапазоны режимов, обеспечивающие лучшую сепарацию материала при сушке с одновременным измельчением целевого продукта - (карбоната кальция) мела.

С помощью системного анализа нами установлены общие закономерности сушки (карбоната кальция) мела с одновременным измельчением целевого продукта и выявлены основные взаимосвязи физико-химических эффектов и явлений, имеющие важное место при процессе сушки с одновременным измельчением целевого продукта (карбоната кальция) в фонтанирующем слое сыпучих материалов и на этой основе определены возможности процесса сушки в фонтанирующем псевдооживленном объеме, а также предложены рациональные пути интенсификации режимов функционирования процесса

сушки с одновременным измельчением целевого продукта (карбоната кальция) мела в фонтанирующем слое.

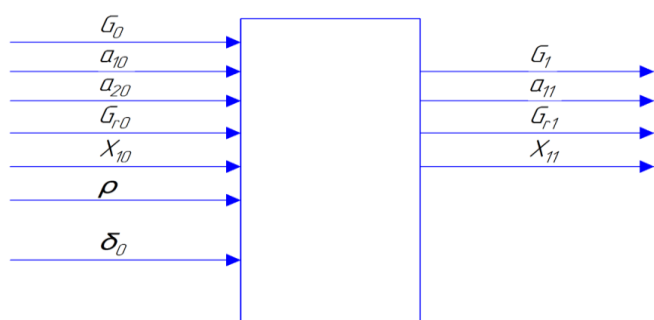


Рис. 1. Процесс сушки с одновременным измельчением (карбоната кальция) мела в фонтанирующем слое как объект моделирования.

В аппарат подается материал (карбоната кальция) мел с определенной концентрацией влаги. Влажный пастообразный материал (карбонат кальция) мел покрывает поверхности стеклянных шариков находящихся в нижней части сушильной установки в фонтанирующем слое. С подачей горячего газа происходит фонтанирование и часть материала остается в аппарате, а часть уносится с воздухом.

Дифференциальное уравнение для выбранного квазиаппарата

$$\frac{da_{i1}}{dt} = \frac{1}{S_c * h_{nc} * \rho_{nc}} (G_0 * a_{i0} - G_1 * a_{i1} - K * (1 - a_{i1})) \quad (1)$$

Коэффициент «к» зависит от расхода и температуры газа и материала, толщины и порозности фонтанирующего слоя, диаметра частиц, плотности, размеров аппарата и т.д.

$$k = f(G_r; T_r; T_m; h_{nc}; \varepsilon; d_c; \rho_c; \text{и т.д.}) \quad (2)$$

Компьютерная модель работает следующим образом: После ввода численных значений входных параметров через блоки 1 и 2, эти сигналы собираются в блоке сбора сигналов 3, и далее осуществляется вычисление значений параметров в блоке 4 и в интеграторе 5 результаты вычислений выводятся в виде временных графиков 6. Полученные результаты вновь подаются в блок сбора сигналов и определяются в блоке вычисления 9. Результаты вычислений можно наблюдать на цифровом экране 7 в виде временных графиков устройства 6.

Компьютерная модель состоит из следующих блоков:

1. Блоки ввода 1,2, 3, 4;
2. Блоки сбора сигналов 5;
3. Блоки вычисления 6,8;
4. Интегратор 7;
5. Блоки временных графиков 9, 10, 11

Воспользуясь математическим описанием одноячеечного непрерывного процесса, была получена одноячеечная компьютерная модель с использованием пакета программы MATLAB (Рис. 2)

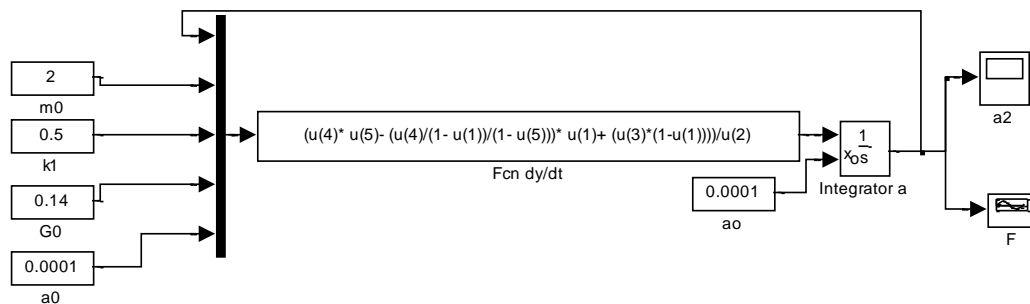


Рис 2. Компьютерная модель для непрерывного процесса пневмосепарации сушеного измельченного целевого продукта в первой конической части в фонтанирующем слое.

В блок ввода одностепенных компьютерных моделей вводятся следующие входные параметры: содержание тяжелых компонентов в смеси $G=500/3600=0.14$ кг/с, концентрация легкого компонента a_0 , общая масса материала $m=2$. Выходным параметром считается концентрация легкого компонента в общей смеси.

Во временном графике 10 мы наблюдаем, изменение выходного параметра – изменение массы легкого компонента в общей массе смеси. Во временном графике 11 приводятся графики изменения концентрации легкого компонента относительно общей массы вещества. На рисунке 3.3. приведено изменение концентрации измельченного материала в одноквазиаппаратном фонтанирующем слое при массе измельчаемого материала $m_0=2$ кг и коэффициент измельчения $K=0,5$ соответствующей к легкому закручиванию.

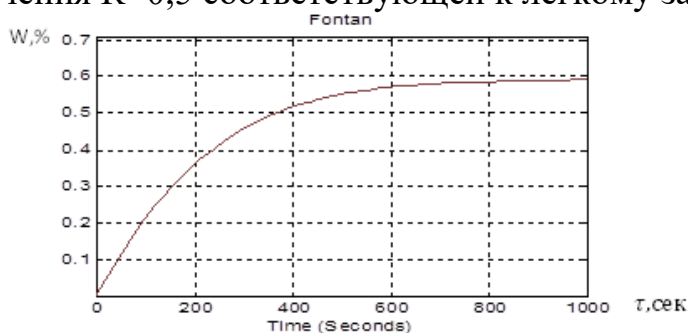


Рис. 3. Изменение концентрации измельченного материала в одноквазиаппаратном фонтанирующем слое.

Такая модель представлена на рисунке (3). Как видно из рисунка отражены множество блоков из числа, первая часть блока соответствует к блоку начала фотанирующего объёма частиц в конической части аппарата. Следующий блок также характеризует изменения концентрации уже середине конической части фонтанирующего объёма. Третий блок характеризует изменения концентрации мелких частиц в газовой фазе, т.е. конусной части совмещенной к цилиндрической части. Четвертый блок характеризует изменения концентрации мелких частиц готового продукта в газовой фазе цилиндрической части аппарата. Пятый блок характеризует изменения концентрации в верхней цилиндрической части квазиаппарата. В этой части установили измерительные приборы для определения записи изменения концентрации во всех квазиаппаратах.

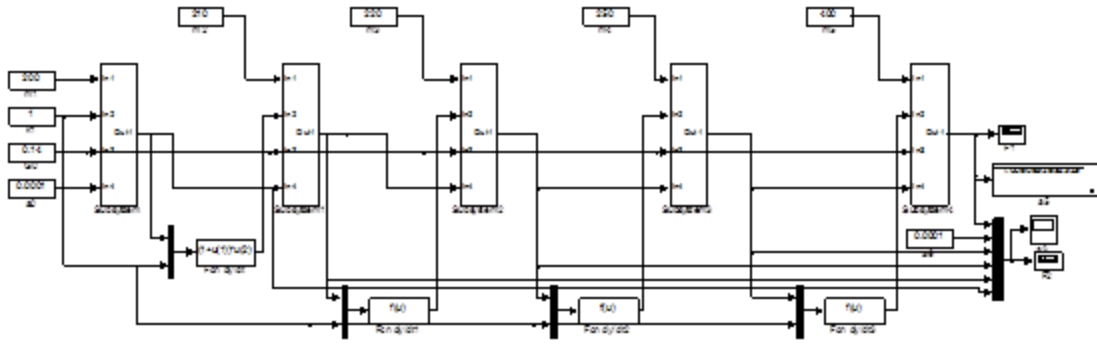


Рис 4. Компьютерная модель процесса измельчения и вывода продукта в пяти квазиаппаратной установке фонтанирования.

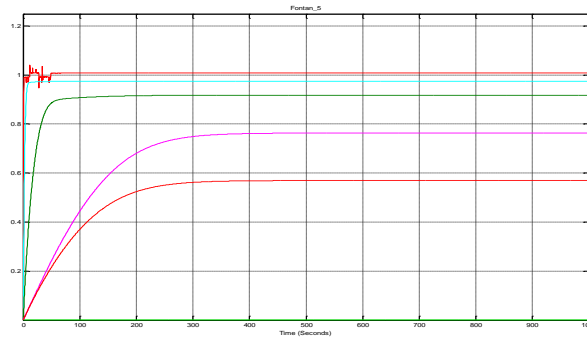
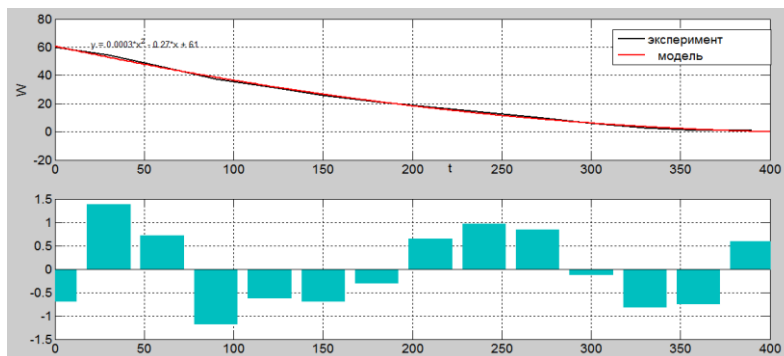


Рис 5. Кривые переходного процесса для более закрученного потока, где принято $m_0=2$ кг, $K=1$.

Путем обработки результатов экспериментов изменения влажности материала по времени были получены математические модели сушки при температуре 105 °С и начальной влажности материала 60 %. Это осуществлено путем введения табличных данных показателей влажности на компьютере, после переработки результатов на основе методов направленного случайного поиска в виде регрессионного уравнения. На графиках (1,2,3) приведены результаты сопоставления опытных кривых сушки с полученными на компьютере регрессионными уравнениями.

Y=>> $\tau=[0 \ 30 \ 60 \ 90 \ 120 \ 150 \ 180 \ 210 \ 240 \ 270 \ 300 \ 330 \ 360 \ 390]$; (sek)
 X=>> $W=[60 \ 54.2 \ 46.2 \ 37.5 \ 31.8 \ 26 \ 21.2 \ 17.5 \ 13.7 \ 10 \ 6 \ 2.8 \ 0.9 \ 0.8]$; (%)
 >> plot (τ, W), Уравнение: $y = 0.0003 \cdot x^2 - 0.27 \cdot x + 61$, $t=105$ °С.

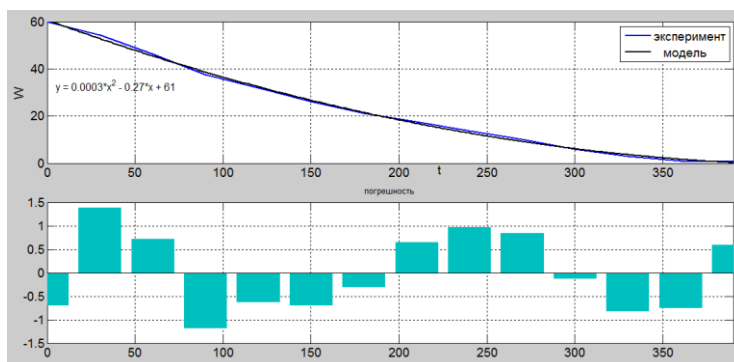
график 1.



Уравнение: $y = p1 \cdot x^2 + p2 \cdot x + p3$, коэффициенты:
 $p1=0.00029808$; $p2=-0.27131$; $p3=60.684$, норма погрешности = 2.9807, $t=150$ °С

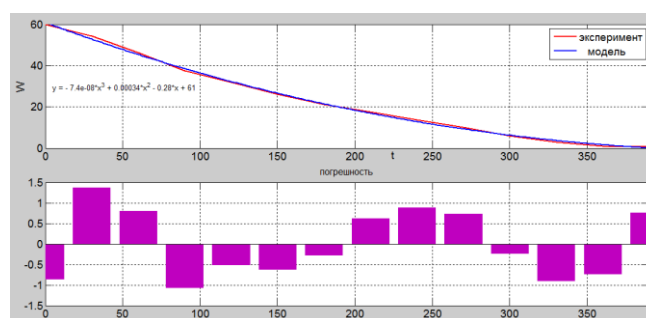
X= >> τ =[0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360 390]; (sek)
 Y= >> W=[60 38 26 18 11.5 6 3 2 1.7 1.4 1.2 1 0.8 0.6]; (%), >> plot (τ ,W)

график 2.



Уравнение: $y = p1*x^2 + p2*x + p3$, коэффициенты:
 $p1 = 0.00029808$; $p2 = -0.27131$; $p3 = 60.684$, норма погрешности=2.9807, $t=180$ °C
 X= >> τ =[0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360 390]; (sek)
 Y= >> W=[60 23 8 3 2 1.8 1.6 1.4 1 0.9 0.8 0.7 0.6 0.4]; (%), >> plot (τ ,W)

график 3.

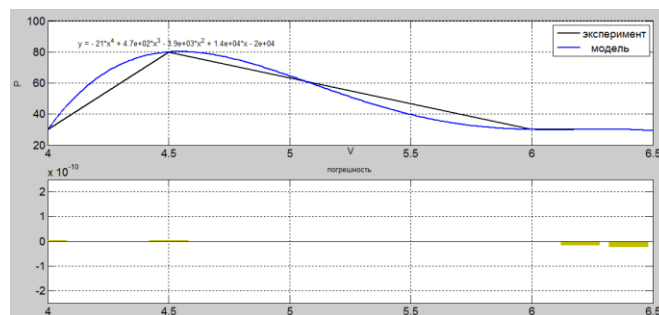


Уравнение: $y = p1*x^3 + p2*x^2 + p3*x + p4$, коэффициенты: $p1 = -7.4018e-08$;
 $p2 = 0.00034138$; $p3 = -0.27782$; $p4 = 60.855$, норма погрешности = 2.9572

Эксперименты по определению гидравлического сопротивления аппаратов проводились по следующей методике: варьированием расходов газа по каналам аппарата устанавливается требуемый гидравлический режим. После стабилизации режима измерялись перепады статического давления во входных и в выходных патрубках аппарата с помощью импульсных трубок, соединенных с дифференциальным микроманометром. На графиках (4,5,6) приведены результаты сопоставления с опытными гидравлическими сопротивлениями слоя материала с инертном от скорости теплоносителя с полученными в компьютере с помощью регрессионных уравнений.

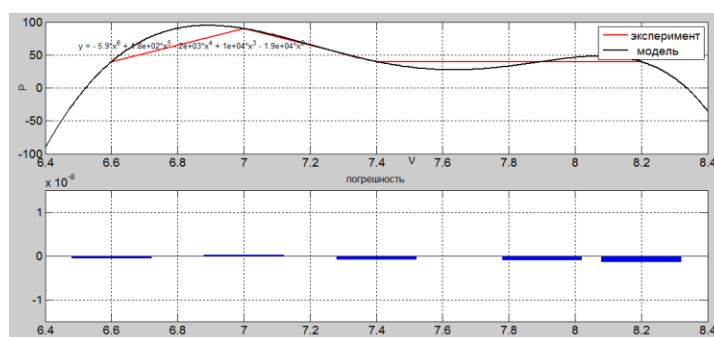
X= >> ϑ =[4 4.5 6 6.2 6.4]; (м/с), Y= >> ΔP =[30 80 30 30 30]; (кН/м²),>> plot (v ,P)

график 4.



Уравнения: $y = p1*x^4 + p2*x^3 + p3*x^2 + p4*x + p5$, коэффициенты:
 $p1 = -20.64$; $p2 = 466.46$; $p3 = -3915$; $p4 = 14431$; $p5 = -19626$, норма погрешности
 $= 2.6734e-11$, $X = \gg \theta = [6.6 \ 7 \ 7.4 \ 7.9 \ 8.2]$; (м/с), $Y = \gg \Delta P = [40 \ 90 \ 40 \ 40 \ 40]$;
 (кН/м²), $\gg \text{plot}(v, P)$

график 5.



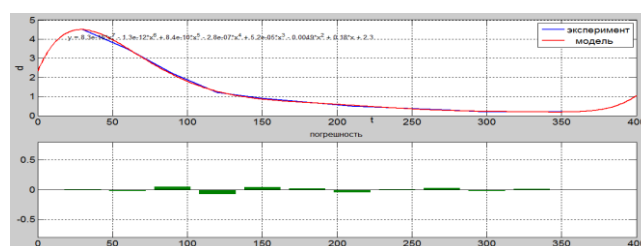
Уравнения: $y = p1*x^6 + p2*x^5 + p3*x^4 + p4*x^3 + p5*x^2 + p6*x + p7$
 коэффициенты: $p1 = -5.9039$; $p2 = 177.7$; $p3 = -2001.4$; $p4 = 9994.9$; $p5 = -18672$;
 $p6 = 0$; $p7 = 0$; норма погрешности = $1.9395e-09$

Изменение диаметра гранул мела в зависимости от времени пребывания в фонтанирующем слое.

$X = \gg \tau = [30 \ 60 \ 90 \ 120 \ 150 \ 180 \ 210 \ 240 \ 270 \ 300 \ 330 \ 360]$;

$Y = \gg d = [4.5 \ 3.5 \ 2.2 \ 1.2 \ 0.9 \ 0.7 \ 0.5 \ 0.4 \ 0.3 \ 0.2 \ 0.2 \ 0.2]$; $\gg \text{plot}(t, d)$

график 6.



Уравнение: $y = p1*x^7 + p2*x^6 + p3*x^5 + p4*x^4 + p5*x^3 + p6*x^2 + p7*x + p8$
 коэффициенты:
 $p1 = 8.328e-16$; $p2 = -1.3039e-12$; $p3 = 8.3536e-10$; $p4 = -2.7975e-07$; $p5 = 5.1551e-05$;
 $p6 = -0.0049284$; $p7 = 0.18031$; $p8 = 2.3394$, норма погрешности = 0.10876

В четвертой главе диссертации «Описание экспериментальной сушильной установки, методика проведения опытов и экспериментальное исследование аэродинамики и кинетики процесса сушки химически

осажденного мела» представлены опытные данные по сушке химически осажденного мела.

Основными рабочими элементами установки являются коническая камера с завихрителем 2. Цилиндрикоконическая камера представляет собой усеченный конус с нижним диаметром 30мм и верхним 300мм, высотой 500мм.

Подача исходного материала с верхней части аппарата и выходом готового продукта в потоке уходящих газов. Сушильный аппарат работает непрерывно. Поток воздуха поступает в калорифер, где нагревается до необходимой температуры. Температура воздуха, из калорифера, регулируется и поддерживается на необходимом уровне с помощью терморпары и реле (терморегулятор Т.Р.), связанных с обмотками калорифера. Влажный материал подается питателем 3. Для визуального наблюдения за гидродинамикой закрученного потока отдельно изготовлена из оцинкованной стали цилиндрикоконическая камера. Под действием закрученного потока теплоносителя мел с инертным материалом движется по центробежной силе, и поступает в циклон. При этом одновременно с высушиванием происходит дезагрегация инертной насадкой обрабатываемого материала. Высушенная и измельченная мел уносится из сушильной камеры через выхлопной патрубок и поступает в аппарат со встречными закрученными потоками, где происходит отделение высушенного материала от отработанного теплоносителя.

Затем частицы высушенного ХОМ с потоком воздуха уносятся из аппарата и поступает циклон, где происходит улавливание готовой частицы высушиваемого ХОМ. Определяем влажность материала по весовым методом. Конечную и начальную влажность определяем с помощью взвешивания.

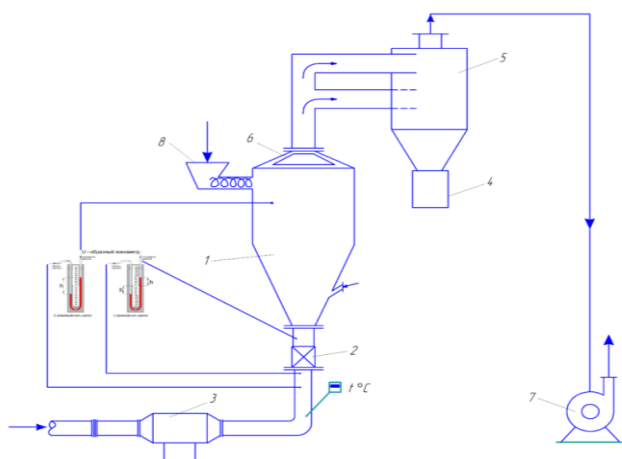


Рис. 6. Схема экспериментальной установки для сушки химически осажденного мела.

1-сушильная камера; 2- завихритель; 3- калорифер; 4- бункер готового продукта; 5-ВЗП, 6- окна для наблюдения; 7- вентилятор; 8- шнековый питатель; 9-U-образный манометр и микроманометр регулирующий-регистрирующий ММН-240.

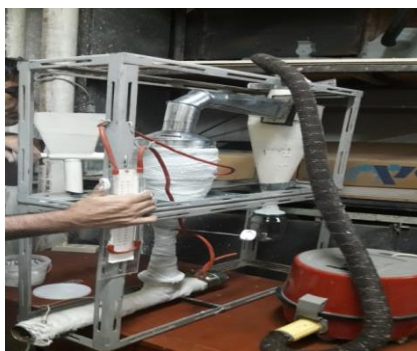


Рис. 7. Фотография экспериментальной установки для сушки химически осажденного мела.

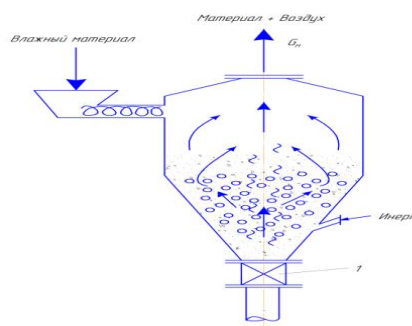


Рис. 8. Схема движения фаз в периферийной зоне аппарата.

Методика проведения эксперимента в сушилке следующая: Включали вентилятор, калорифер когда установка выходила на стационарный режим, включался питатель сырого материала. Конечную влажность материала регулировали изменением расхода воздуха и начальной температуры теплоносителя,

В результате экспериментальных исследований установлено, что профиль поля скоростей газовой фазы симметричен оси аппарата. Тангенциальная составляющая скорости газовой фазы в нижнем сечении аппарата (рис. 3.8) возрастает от стенки к оси аппарата, достигает максимума, затем уменьшается, принимая нулевое значение на оси аппарата. По высоте аппарата наблюдается смещение максимума тангенциальной составляющей к центру. При этом максимальное значение тангенциальной составляющей по абсолютной величине уменьшается - происходит "выравнивание" этой составляющей, что, свидетельствует о затухании завихренного потока.

Несколько иной характер носит распределение осевой составляющей газового потока (рис.8). В нижних сечениях аппарата значение этой составляющей увеличивается от периферии к центру, достигая максимума, затем снова уменьшается, принимая на оси аппарата минимальные значения. Вблизи завихрителя образуется зона обратных токов, где осевая составляющая принимает отрицательные значения. По мере увеличения осевой координаты профиль осевой составляющей принимает иной вид - значения составляющей возрастает от периферии к центру, достигая максимальных значений на оси аппарата.

Для определения скорости частицы провели эксперимент. В эксперименте на слой фонтанирующего слоя из шнекового питателя подавались гранулы из ХОМ с влажностью 60%, диаметр $d=3,5\div 4,5$ мм. В течении эксперимента через 30 секунд из слоя отбирались пробы с целью определения текущего диаметра гранул ХОМ. Пробы отбирались через каждый 30 секунд, диаметр гранул измерялся микроно- метром. Эксперимент проводился до полного исчезновения гранул мела слоя инертных тел. Затем строилась кривая изменения диаметр гранул мела в зависимости от времени пребывания в фонтанирующем слое.

Таблица 1.

$\tau, \text{сек}$	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
$d, \text{мм}$	4,5	3,5	2,2	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2

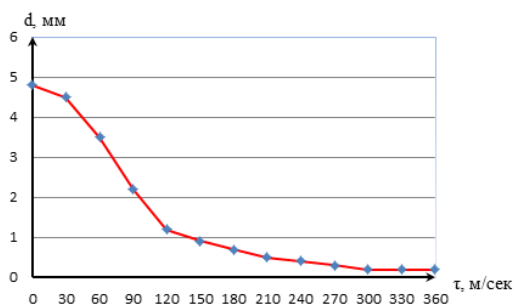


Рис 9. Кривая кинетики измельчения.

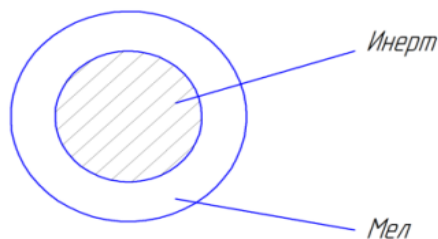


Рис 10. Стеклоный шарик с нанесенной пленкой.

Мы исследовали пленку, образовавшей на поверхности инертного тела при распылении раствора ХОМ. Для этого из слоя отбирали пробы. Так как стекло достаточно хрупкое, мы проводили исследование на полимерных шариках. После нанесения пленки, шарики аккуратно разрезали пополам. На фотоснимке представлены срезы шариков с нанесенной пленкой из которых видно, что толщина пленки составляет 0,2÷ 1,2 мм.

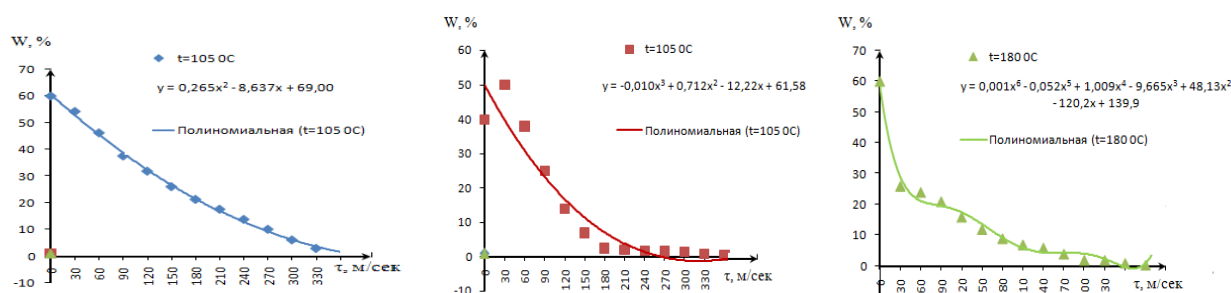


Рис 11. Кривые сушки ХОМ при 105, 150, 180 °С.

Экспериментальные данные для построения кривых скорости сушки при температуре воздуха 105, 150 и 180 °С.

Таблица 2

№	105 °С		150 °С		180 °С	
	W, %	ΔW/Δτ, мин мин	W, %	ΔW/Δτ, мин мин	W, %	ΔW/Δτ, мин мин
1	60	0	60	0	60	0
2	54,4	1,8	38	1,26	23	0,76
3	46,2	0,77	26	0,43	8	0,13
4	37,5	0,42	18	0,2	3	0,03
5	31,8	0,27	11,5	0,09		
6	26	0,17				
7	21,2	0,12				
8	17,5	0,08				

На рисунке 12 изображены кривые скорости сушки ХОМ при 105°С, 150°С, 180°С.

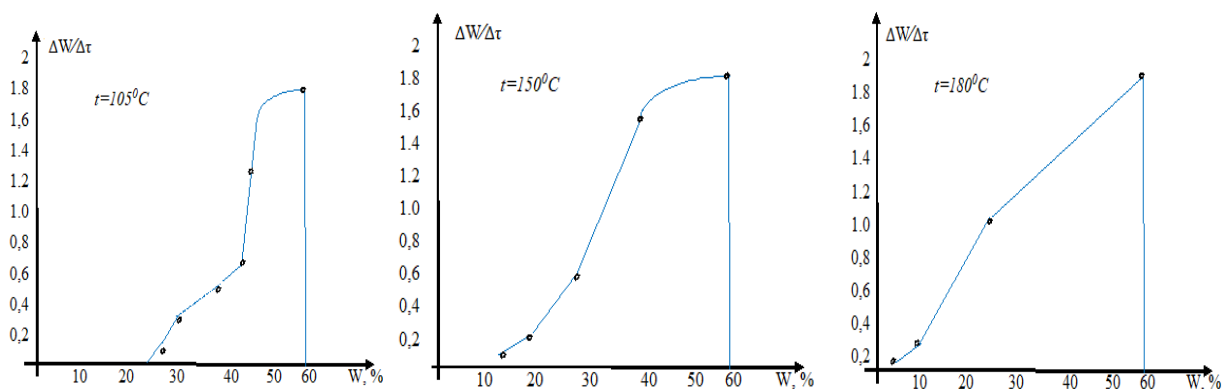


Рис.12. Кривые скорости сушки ХОМ при 105, 150, 180°C.

В пятой главе диссертации «**Практическое применение и технико-экономические показатели разработанного аэрофонтанного сушильного аппарата с инертными частицами**» приведены результаты практического применения и технико-экономические показатели сушильного аппарата с фонтанирующим слоем. Выбор и оценку сушильных установок проводили по параметрам пригодности аппарата для сушки материала с известными свойствами и ее энергетическим характеристикам основанными на теплотехнологических принципах оформления процесса сушки.

Проведенные исследования позволили создать инженерный метод расчета аппарата фонтанирующего слоя с учетом теплового и материального баланса, среднее время пребывания материала в аппарате.

Существующая технология получения химически осажденного карбоната кальция с сушкой ХОМ внедрена на ООО «Хасан-Хусан Текст» Производительность 500 кг/час готового продукта. Имеется все конструкторско-проектные документации. Сушка в фонтанирующем слое обладает существенными преимуществами перед базовой карусельной ленточной сушилкой:

1. Расчетная стоимость ожидаемой экономии энергоносителей составляет:
 $\Sigma C = C_{эл} + C_{теп} = (179,6 \cdot 10^6)$;

2. Годовой экономический эффект при использовании сушилки фонтанирующего слоя 8000 часов в год составляет:

$$\mathcal{E}_{год} = 8000 \cdot 179,62 - 0,22 \cdot K_{сфс} = 17,91 \cdot 10^6 - 0,22 \cdot 25 \cdot 10^6 = 137,5 \cdot 10^6 \text{ сумов.}$$

Здесь $E_{п}$ - приемлемая для инвестора норма доходности капитала, принята в размере 22%. $K_{сфс}$ = кап, вложение, $25 \cdot 10^6$. Выполненные расчеты подтверждают высокую эффективность предлагаемого проекта сушильного аппарата фонтанирующего слоя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе комплексного анализа свойств, рассмотрения их взаимосвязи под углом зрения рациональной организации сушильного процесса, выявления основных (доминирующих) свойств, выявлены формы связи влаги, а также термолабильность, физико-механические, теплофизические свойства, прилипаемость и дисперсный состав ХОМ.

2. Исследование ХОМ завершилось комплексным анализом свойств, рассмотрением их взаимосвязи под углом доминирующих свойств. Выбран способ сушки в фонтанирующем слое, при этом экспериментальную установку после конструктивных изменений можно превратить в промышленный сушильный аппарат.
3. Произведен анализ технологической установки сушки с одновременным измельчением (карбоната кальция) мела в фонтанирующем слое путем использования многоступенчатого системного анализа. Для этого система и процесс рассматривались как единое целое и были определены входные и выходные параметры всей системы
4. Начиная с нижнего иерархического уровня квазиаппарата с процессом начало фонтанирования, выведено математическое описание процесса сепарации в фонтанирующем слое. Для нижнего иерархического уровня определен процесс образования частиц, получены математические описания для уноса частиц.
5. Путем обработки результатов экспериментов, изменением влажности материала по времени получены математические модели сушки при температурах 105 °С, 150 °С, 180 °С и начальной влажности материала 60 %.
6. Одной из важных гидродинамических характеристик фонтанирующего слоя являются гидравлическое сопротивление. Проведены опыты по определению гидравлического сопротивления фонтанирующего слоя в зависимости от скорости при различных высотах слоя с инертном, для выбора рациональной высоты слоя. Выведено зависимость измельчения от скорости потока воздуха и концентрации инерта в слое.
7. В результате экспериментальных исследований установлено, что профиль поля скоростей газовой фазы симметричен оси аппарата. Тангенциальная составляющая скорости газовой фазы в нижнем сечении аппарата возрастает от стенки к оси аппарата, достигает максимума, затем уменьшается, принимая нулевое значение на оси аппарата. По высоте аппарата наблюдается смещение максимума тангенциальной составляющей к центру .
8. На основе экспериментальных данных построены кривые скорости сушки при температурах воздуха 105, 150 и 180 °С.
9. Сушка в фонтанирующем слое с инертном обладает существенными преимуществами перед базовой карусельной ленточной сушилкой и выполненные расчеты подтверждают высокую энергоэффективность предлагаемого проекта сушильного аппарата фонтанирующего слоя с измельчением, при этом энергоёмкость уменьшается в $2\div 2,5$ раза.
10. Проведен расчет экономической эффективности сушильного аппарата с фонтанирующим слоем для химически осажденного мела. Экономический эффект от внедрения результатов данной работы составил 179,6 млн.сум.

**ONE SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF THE SCIENTIFIC
COUNCIL FOR AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/30.12.2019.T.03.02 AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

ABDIROVA MUKHABBAT TURDALIEVNA

**DEVELOPMENT OF AN ENERGY-TECHNOLOGICAL SCHEME FOR
DRYING CHEMICALLY DEPOSITED CHALK FROM CALCAREOUS
WASTES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

**02.00.16 - Processes and apparatus of chemical technologies and food productions
(technical sciences)**

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

Tashkent – 2021

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 №B2019.4.PhD/T1014.

The dissertation has been carried out at the Tashkent state technical university.

The abstract of the dissertation in three languages (uzbek, russian, english) is placed on web page (www.tdtu.uz) and information-educational portal Ziyonet (www.ziyonet.uz).

Scientific consultant: **Mukhiddinov Djalaliddin Nasyrovich**
doctor of technical sciences

Official opponents: **Mukhitdinov Djalolitdin Pakhritdinovich**
doctor of technical sciences, professor

Alimov Hasan Aripovich
candidate of technical sciences, docent

Leading organization: **Bukhara engineering-technological institute**

Defense of dissertation will take place in «___»_____2021 at _____ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/30.12.2019.T.03.02 at the Tashkent state technical university (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent state technical university (registration number_____). (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel. : (99871) 246-03-41.)

The abstract of the dissertation has been distributed on “_____” _____ 2021 year.
Protocol at the register № _____ dated «_____»_____2021 year.

N.R.Yusupbekov
Chairman of the Scientific Council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician

U.F.Mamirov
Scientific Secretary of Scientific Council,
on awarding scientific degrees,
PhD in technical science

J.P. Mukhitdinov
Chairman of scientific seminar under scientific
council on award of scientific degrees,
Doctor of technical sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of research is to increase the energy and technological efficiency of drying heat and mass transfer devices with the intensification of the technology of drying HOM in the gushing layer.

The subject of research is the regularities and principles of methods of intensification of hydrodynamic and thermal processes occurring in drying plants.

The scientific novelty of the research:

the hydrodynamic regularities in the drying process of the intensified swirling gushing layer are determined;

an energy-efficient multifunctional device for drying and grinding chemically deposited chalk has been developed;

the results describing the characteristic parameters of the swirling layer in the periphery of the apparatus, such as the velocities of gas, chalk and inert solid particles, the concentration of solid particles along the layer height, depending on the geometric parameters of the working chamber, and the swirl angle of the lower part of the working chamber, are obtained;

a mathematical model of a swirling layer in the periphery of the apparatus has been developed, which describes the characteristic parameters of the heat and mass transfer process of drying and grinding a swirling layer of a gas suspension;

the results of numerical and experimental studies are obtained, which characterize certain physical regularities during hydrodynamic and thermal processes in the developed new drying device.

Application of research results. Based on the results of scientific research on the development of an installation to improve the efficiency of the drying process of chemically precipitated chalk:

a designed and manufactured industrial drying unit with a capacity of 500 kg / h, which was successfully tested at “Hasan-Khusan Text” LLC (reference “Uzpromstroyaterialy” №05/15-1495 dated June 08, 2021). As a result of the implementation of the developed installation, it is possible to increase the energy efficiency of the installation, due to the exclusion of a separate grinder from the technological line, the quality has increased and the grain size distribution of the finished product has been leveled;

developed technical design of a drying apparatus for chemically precipitated chalk with a capacity of 500 kg/h with simultaneous grinding of the finished product, which was successfully tested at “Hasan-Khusan Text” LLC (reference “Uzpromstroyaterialy” №05/15-1495 dated June 08, 2021). As a result of implementation, they improve the quality of the finished product.

The structure and volume of the dissertation. The dissemination work consists of introduction, four chapters, conclusion, list of references and applications. The volume of the thesis is 106 pages.

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works

I бўлим (часть I; part I)

1. Abdirova M.T., Artikov A., Karabaev D.T., Akobirova L., Akbarkhodjaev Z., Oymirov S. Ikki kvazli apparatli pnevmoseparatsiyalash ob'ekting ko'p pog'onali tahlili va modellashtirish // Технические науки и инновации. –Т.: 2020, №1. –С. 42-49.
2. Umirzakov Ruslan, Mukhiddinov D.N., Abdirova Mukhabbat, Ongar Bulbul, Influence on the mode of grain drying in the heat generator and combustion products // NEWS of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Vol. 1(433), Almaty, NAS RK. January-February 2019. pp. 176 – 180 (3, Scopus, IF 1,5).
3. Mukhabbat Abdirova Derivatographic study of chemically deposited chalk // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 6, Issue 12, December 2019. –PP. 12001-12005. (05.00.00, №8).
4. Абдирова М.Т. Дериватографическое исследование химически осажденного мела // «Проблемы энергетики и ресурсосбережения». –Т.: ТашГТУ, 2019. №.1-2. (05.00.00; №21).
5. Мухиддинов Дж.Н., Абдирова М.Т., Умирзаков Р.А. Разработка конструкции сушильных аппаратов для сушки химически осажденного мела // «Проблемы энергетики и ресурсосбережения». – Т.: ТашГТУ, 2018. №.3-4. (05.00.00; №21).

II бўлим (часть II; part II)

6. Абдирова М.Т., Мухиддинов Дж.Н., Умирзаков Р.А. «Выбор сушильных аппаратов на основе комплексного анализа свойств исследуемых влажных материалов как объектов сушки» // «Современные проблемы возобновляемой энергетика». - Карши: КарИЭИ, 2018. –С. 301-304.
7. Абдирова М.Т., Умирзаков Р. А., Манапова Г.А. Шахталык жане газ кабатты кептирғиштер / Республиканской научно –теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 14: Молодежь, наука, инновации, цифровизация – новый этап развития» 1т. 3часть. Казахстан, Нур-Султан, КазАТУ. 2019 –С.111-112.
8. Абдирова М. Т., Умирзаков Р. А., Кептіру кондырғыларын жіктеу / Республиканской научно –теоретическойконференции «Сейфуллинские чтения – 14: Молодежь, наука, инновации, цифровизация – новый этап развития» 1т. 3часть, Казахстан, Нур-Султан, КазАТУ.2019.-С.93-95.
9. Абдирова М.Т., Шамсиев К.С., Умирзаков Р.А., Шамсиева Н.К. Интенсификация процесса гидродинамики и кинетики сушки дисперсных материалов в вихревой сушильной камере / III Международной научно-

- практической конференции «Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века» II том. Казахстан. Нур-Султан, 10-12 июль. ЕНУ. 2019. – С.258-263.
10. Абдирова М.Т. Многоступенчатый системный анализ установки процесса сушки в фонтанирующем слое мела // «Kazakhstan Innovations». Кокшетау. – 2019. №12. –С.36-43.
 11. Абдирова М.Т. Умирзаков Р.А. Ташбаев Н.Т. Математическая модель энергосберегающей технологии сушки зерна / III Международной научно-практической конференции «Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века» II том. Казахстан. Нур-Султан, 10-12 июль. ЕНУ. 2019. - С. 358-363.
 12. Абдирова М.Т., Артыков А.А., Машарипова З.А., Мухиддинов Дж.Н. Программное обеспечение для расчета процесса пяти квазиаппаратной фонтанированной псевдооживленной пневмосепарации сыпучих продуктов / Агентство по интеллектуальной собственности при министерстве Рес.Уз.Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. DGU 07690. 07.02.2020
 13. Абдирова М.Т., Артыков А.А., Машарипова З.А., Акобиров Л.Х. Программное обеспечение для расчета процесса четырёх квазиаппаратной фонтанированной псевдооживленной пневмосепарации сыпучих продуктов / Агентство по интеллектуальной собственности при министерстве Рес.Уз.Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. DGU 07691. 07.02.2020
 14. Абдирова М.Т., Артыков А.А., Машарипова З.А., Миркомилев А.М. Программное обеспечение для расчета процесса трёх квазиаппаратной фонтанированной псевдооживленной пневмосепарации сыпучих продуктов / Агентство по интеллектуальной собственности при министерстве Рес.Уз.Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. DGU 07692. 07.02.2020
 15. Абдирова М.Т., Артыков А.А., Машарипова З.А., Маткаримов М.Ш. Программное обеспечение для расчета процесса двух квазиаппаратной фонтанированной псевдооживленной пневмосепарации сыпучих продуктов / Агентство по интеллектуальной собственности при министерстве Рес.Уз.Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. DGU 07693. 07.02.2020
 16. Абдирова М.Т., Артыков А.А., Машарипова З.А., Мухиддинов Дж.Н., Миркомилев А.М. Программное обеспечение для расчета процесса одно квазиаппаратной фонтанированной псевдооживленной пневмосепарации сыпучих продуктов / Агентство по интеллектуальной собственности при министерстве Рес.Уз.Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. DGU 07694. 07.02.2020.

Автореферат «Техника фанлари ва инновация» журнали таҳририятида тахрирдан ўтказилиб, рус, ўзбек ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.