

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ
ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ**

АХРОРОВ АКМАЛЖОН АКРАМЖОН УҒЛИ

**ЧАНГ ВА ГАЗЛАРНИ ТОЗАЛОВЧИ РОТОР–ФИЛЬТРЛИ АППАРАТДА
МАССА АЛМАШИНИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ**

**02.00.16 - Кимё технологияси ва озиқ-овқат саноати жараёнлари ва аппаратлари
(техника фанлари)**

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

Тошкент - 2023

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on
technical sciences**

Ахроров Акмалжон Акрамжон ўғли

Чанг ва газларни тозаловчи ротор-фильтрли аппаратда
масса алмашилиш жараёнларини тадқиқ этиш.....3

Ахроров Акмалжон Акрамжон угли

Исследование массообменных процессов в
роторно-фильтрующем аппарате для очистки пыли и газов..... 21

Akhrorov Akmaljon

Study mass transfer processes in rotary-filter apparatus
for cleaning dust and gases.....38

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....41

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

АХРОРОВ АКМАЛЖОН АКРАМЖОН УҒЛИ

**ЧАНГ ВА ГАЗЛАРНИ ТОЗАЛОВЧИ РОТОР–ФИЛЬТРЛИ АППАРАТДА
МАССА АЛМАШИНИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ**

**02.00.16 - Кимё технологияси ва озиқ-овқат саноати жараёнлари ва аппаратлари
(техника фанлари)**

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

Тошкент - 2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясида В2022.1.PhD.T2616 ракам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Фарғона политехника институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Тожиёв Расулжон Жумабоевич
Техника фанлари доктори, профессор

Расмий оponentлар:

Абдуллаев Алишер Шоназарович
Техника фанлари доктори, профессор

Нигматжонов Самуғжон Каримжонович
Техника фанлари номзоди, доцент

Ётакчи ташкилот:

Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат
техника университети

Диссертация химояси Тошкент кимё-технология институти хузуридаги DSc 03/30.12.2019.T.04.01 ракамли илмий кенгаш асосидаги бир марталик илмий кенгашнинг «28» 08 2023 йил соат 11⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтди. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳри, Шайхонтохур тумани, Навоий кўч. 32. Тел: (99871) 244-79-20, Факс: (99871) 244-79-17, e-mail: info@tkti.uz).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институтининг Ахборот ресурс марказида танишни мумкин. (№370-ракам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент шаҳри, Шайхонтохур тумани, Навоий кўч, 32. Тел: (99871) 244-79-20.

Диссертация автореферати «24» 06 2023 йил да тарқатилган.
(2023 йил «24» 06 даги №265 ракамли реестр баённомаси).



С.М.Туробжонов
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Х.И.Кадиров
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш котиби, к.ф.д., доцент

К.П.Серкаев
Илмий даражалар берувчи Илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., доцент

Кириш (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунё миқёсида саноат корхоналари аппаратларининг вақт ўтиши билан эскириши ва технологик жараёнларни белгиланган талабларни тўлиқ қаноатлантмаслиги сабабли чангли ҳаво, турли захарли газлар ва улар таркибидаги керакли компонентларни атмосферага чиқиши кузатилмоқда. Ушбу чиқиндиларни атроф-муҳитга салбий таъсири ҳам сезиларли бўлмоқда. Сифатли маҳсулотларни олиш, зарарли чанглар ва газлар чиқишини камайтириш учун ҳамда улар таркибидаги зарурий компонентларни ушлаб қолиш ва ишлаб чиқариш жараёнига қайтариш, корхоналар аппаратларини такомиллаштириш, соддалаштириш, самарадорлигини ошириш бўйича олиб борилаётган ислохатлар долзарб аҳамиятга эгадир.

Жаҳонда ишлаб чиқариш жараёнини атроф-муҳитга салбий таъсирини камайтириш, сифатли маҳсулот олиш ва энергиятежамкор технология асосида зарарли газларни тозалаш жараёнини таъминлаш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада чанг ва газ тозалаш аппаратлари ва усулларини таҳили қилиш, мумаммоларни аниқлаш; чанг ва газлар физик-кимёвий ҳоссаларини ўрганиб уларни максимал тозалашга эришиш; аппарат конструкциясини такомиллаштириш орқали юқори самарадорликни таъминлаш; аппарат гидродинамикаси ва конструктив ўзгаришининг ундаги масса алмашилиш жараёнига таъсирини экспериментал усулда тадқиқ этишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамызда юқори сифатли маҳсулотлар олиш ва чангли ҳаво, захарли газлар чиқишини камайтириш мақсадида саноат корхоналари технологик жараёнларининг оптимал режимларини излаш ва аппаратлар конструкциясини такомиллаштириш бўйича илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида «саноатни юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом-ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш»¹ каби муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан, саноат чанг ва газларини ҳўл усулда тозаловчи аппаратлар гидродинамикаси ва улардаги масса алмашилиш жараёнларини тадқиқ этиш ҳамда аппарат конструкцияларини такомиллаштириш асосида аппарат тозалаш самарадорлигини ошириш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги, 2018 йил 07 майдаги ПҚ-3698 сон «Иқтисодиёт тармоқлари ва соҳаларига инновацияларни жорий этиш механизмларини такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида», 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги фармон ва қарорлари, шунингдек мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси тўғрисида» фармони

хужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимёвий технология ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Чанг ва газларни ҳўл усулда тозаловчи аппаратларни яратиш, иш режимларини ўрганиш ва параметрларини асослаш ва саноатга қўллаш, шунингдек аппаратда масса алмашилиш жараёнининг тозалаш самарадорлиги ҳамда энергия сарфига таъсири бўйича илмий-тадқиқот ишлари С.Н. Лебедев, З.К. Маймеков, Х.М. Надим Касим, А.С. Поникаров, В.С. Казимаев, К.Б. Плотников, Н.И. Печеркин, А.Ю. Валдберг, В.М. Рамм, Д.Г. Паджи, В.С. Галустов, С.Б. Старк, Т.К. Шервуд, Р.Л. Пигфорд, Е.С. Пикалов, Н.Р. Юсупбеков, Х.С. Нурмухаммедов, А.М.Хурмаматов, Р.Ж. Тожиев, И.Т. Каримов, А.С. Исомидинов ва бошқалар илмий-тадқиқот ишлари олиб борганлар.

Улар томонидан аммофос ва селитра чангини ҳўл усулда тозаловчи фильтрли аппарат, чанг ва газларни ҳўл усулда тозаловчи уюрмавий контакт элементли аппарат, суюқлик-суюқлик-газ тизимларига ишлов берувчи барботажли экстрактор аппаратлари такомиллаштирилган ва ишлаб чиқилган.

Шу билан бирга кимё саноати маҳсулотлари ишлаб чиқаришга мўлжалланган, конструкцияси содда, тан нархи арзон ва экспортга яроқли чанг ва газларни тозалашнинг технологик усуллари ва қурилмаларини яратиш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Диссертация тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Фарғона политехника институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг 37/1272 «АС-72М цехида селитра ўғити чанги ва аммиак газини атмосферага чиқишини олдини олишда инновацион ечимлар» (2015-2019 йй.), НИС-13-18 «Саноат корхоналаридан чиқаётган чангли ҳавони ҳўл усулда тозаловчи қурилмаларни тадқиқ қилиш» хўжалик шартномалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади саноат чанг ва газларини тозаловчи ротор-фильтрли аппаратни такомиллаштириш йўли билан унинг тозалаш самарадорлигини ошириш ҳамда ундаги масса алмашилиш жараёнини жадаллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари қуйидагилардан иборат:

ҳўл усулда газларни тозаловчи аппаратларнинг замонавий турларини таҳлил қилиш;

ротор-фильтрли аппаратда масса алмашилиш жараёнини тадқиқ этиш;

ротор-фильтрли аппаратда суюқлик ва газ фазаларидаги масса бериш коэффициентларини аниқлаш;

масса бериш коэффициентларининг тозалаш самарадорлиги ва энергия сарфига таъсирини ўрганиш;

тажриба натижаларига математик моделлаштириш усулини қўллаб мақбул қийматларни асослаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида “Farg’onaazot” АЖ АС-72М цехларида ҳосил бўладиган водород фторид ва аммиак гази ҳамда чанг ва газларни тозаловчи ротор - фильтрли аппарат олинган.

Тадқиқотнинг предмети модда бериш коэффицентларини тозалаш самарадорлиги ва энергия сарфига таъсирини ифодаловчи аналитик боғланишлар ҳамда аппарат техник кўрсаткичларини модда бериш коэффиценти, газ тезлиги, ишчи суюқлик сарфи ва унинг гидродинамик режимларига боғлиқ равишда ўзгариш қонуниятлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида гидравлика, минерал ўғитлар технологияси, кимёвий технология, физика, математик статистиканинг қонун ва қоидалари, экспериментларни математик режалаштириш усуллари ҳамда мавжуд меъёрий ҳужжатларда белгиланган усуллардан фойдаланилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

фильтрловчи барабани тешиклари ўлчамининг масса алмашиниш жараёни ҳамда аппарат тозалаш самарадорлигига таъсири аниқланган;

қурилмага бериладиган тозаландиган газ оқими тезлиги ўзгаришининг масса бериш ва тозалаш самарадорлигига таъсири исботланган;

суюқлик ва газ фазалардаги масса бериш коэффицентлари аниқланган;

водород фторид газини тозалаш учун абсорбент таркибидаги техник сода концентрацияси ўзгариши ва абсорбент сарфини ортишининг масса бериш коэффицентларига таъсири асосланган;

саноат чанг ва газларини тозаловчи ротор-фильтрли қурилма, тозалаш самарадорлигини ошириш, масса алмашиниш жараёнини жадаллаштириш билан такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари:

чанг ва газларни тозаловчи аппарат барабани ишчи юзасидаги суюқлик плёнкаси қалинлиги, газ ҳамда суюқликнинг тезлиги ва сарфини ўлчаш асосида қурилмада масса бериш коэффицентини аниқлашнинг математик модели олинган;

тажриба аппарати тозалаш самарадорлигини ифодалаовчи масса ўтказиш бирлиги сони аппарат барабанига қопланган фильтр актив юзасининг турли ўлчамларида аниқланган;

ротор-фильтрли аппаратда водород-фторид ва аммиак газини тозалашнинг технологик жараёни ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги изланишларнинг замонавий услуб ва ўлчаш воситаларидан фойдаланган ҳолда ўтказилганлиги, чанг ва газларни ҳўл усулда тозаловчи ротор-фильтрли аппарат параметрларини назарий жиҳатдан асослашда гидравлика, термодинамика, физика, кимёвий технология, математик статистика услублари билан ишлов берилганлиги, назарий ва амалий тадқиқотлар натижаларининг ўзаро адекватлиги, бажарилган тадқиқотлар асосида яратилган аппарат тажриба синовларининг ижобий натижалари ва амалиётга жорий этилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти чанг ва газларни тозаловчи ротор–филтрли аппаратда кам энергия сарфлаган ҳолда юқори тозалаш самарадорлигини таъминловчи параметрлари асосланганлиги ҳамда олинган математик моделлар ва аналитик боғланишлардан шу турдаги аппаратларнинг параметрларини асослашда қўллаш мумкинлиги билан изоҳланади.

Чанг ва газларни тозаловчи аппарат барабани ишчи юзасидаги суюқлик плёнкаси қалинлиги, газ ҳамда суюқликнинг тезлиги ва сарфини ўлчаш асосида аппаратда масса бериш коэффицентини аниқлашнинг математик модели мавжуд аппаратнинг янги конструкциясини ишлаб чиқиш ва амалиётга қўлланилишига хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Саноат чанг ва газларини тозаловчи аппаратда кам энергия сарфлаган ҳолда юқори тозалаш самарадорлигини таъминлаш бўйича олинган натижалар асосида:

ротор-филтрли аппарат «Фарғонаазот» АЖнинг АС-72М цехида суперфосфат ишлаб чиқариш бўлимига жорий этилган (O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI EKOLOGIIYA VA ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISH DAVLAT QO'MITASIнинг 2022 йил 9 сентябрдаги 04-02/7-1785 сонли маълумотномаси). Натижада кимё саноати чангли газларни ҳўл усулда 98,6 % гача тозалаб, водород фторид газининг концентрациясини 8,4 мг/м³ гача камайиш имконини берган.

Фтор водородни содали сув ва натрий гидроксикарбонатнинг сувли эритмаси билан сингидириш орқали газларни тозалаш технологияси «Фарғонаазот» АЖда ишлаб чиқаришга жорий этилган (O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI EKOLOGIIYA VA ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISH DAVLAT QO'MITASIнинг 2022 йил 9 сентябрдаги 04-02/7-1785 сонли маълумотномаси). Натижада айланувчи филтр аппаратнинг экстракцион характеристикаларини мақбуллаштириш билан газларни самарали тозалаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 7 та халқаро ва 5 та Республика илмий-амалий конференцияларида маъруза кўринишида баён этилган ҳамда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 22 та илмий иш чоп этилган бўлиб, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақола, шундан 4 та Республика ва 6 та хорижий журналларда мақолалар нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Асосий матнли материаллари ҳажми 120 бетни ташкил этади.

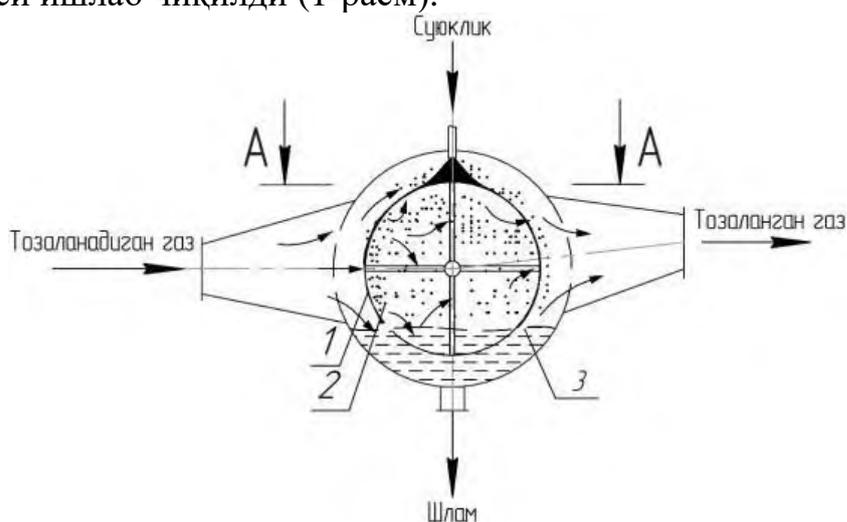
ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ ТАРКИБИ

Кириш қисмида олиб борилган изланишларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, Республикада фан ва технологиялар 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 «Газларни хўл усулда тозаловчи масса алмашиниш аппаратларининг таҳлили» деб номланган биринчи бобида шу соҳага оид адабиётларда ва илмий тадқиқот ишларида келтирилган аппаратларнинг ишлаш принципи, афзаллиги, камчиликлари атрофлича таҳлил қилинган. Ҳисоблаш методикалари таҳлили асосида ротор–фильтри тажриба қурилмасида газ – суюқлик тизимида кечадиган масса алмашиниш жараёни ва уни интенсивлаштириш усуллари ўрганилган. Муаммога тегишли адабиётларни назарий таҳлили ва уларни умумлаштириш ҳамда муаммонинг жорий ҳолатини ўрганиш асосида тадқиқот мақсади ва вазифалари белгиланган. Боб якунида хулосалар келтирилган.

Диссертациянинг «Чанг ва газларни тозаловчи ротор – фильтрли аппаратда масса алмашиниш жараёнининг назарий асослари» деб номланган иккинчи бобида чанг ва газларни тозаловчи ротор – фильтрли аппаратда масса алмашиниш жараёнининг тозалаш самарадорлиги ва энергия сарфига таъсирини назарий асослаш учун ротор – фильтрли аппарат ишчи юзасида ҳосил бўладиган плёнка қатлами, газ-суюқлик фазасида масса алмашиниш жараёни, аппаратдан ишчи суюқлик томчиларининг чиқиб кетиш миқдори ҳамда тадқиқот учун танланган газларнинг физик-кимёвий ҳосслари таҳлили ўтказилди.

Аппаратда масса алмашиниш жараёнини назарий асослаш мақсадида ҳисоблаш схемаси ишлаб чиқилди (1-расм).



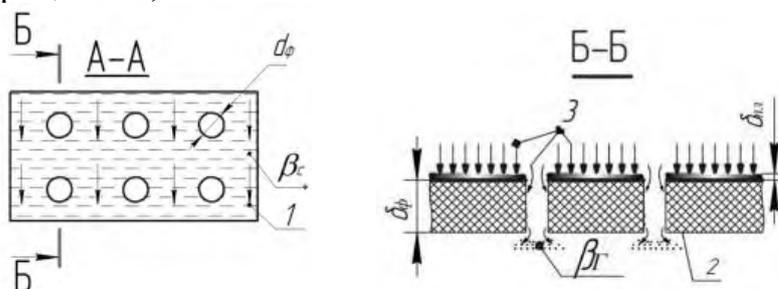
1 – суюқлик плёнка қатлами; 2 – суюқлик томчилари; 3 – бирламчи ишлатилган суюқлик

1-расм. Чанг ва газларни тозаловчи ротор-фильтрли аппаратда масса алмашиниш содир бўладиган контакт юзаларни аниқлаш схемаси

Ҳисоблаш схемасидан фойдаланиб қурилмадаги умумий модда миқдорини масса бериш коэффициентлари орқали аниқлаш киритилди ва қурилма учун қуйидаги умумий тенглама тузилди, кг;

$$\sum M_c = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) \cdot \Delta c \cdot F_{\text{VM}} \quad (1)$$

бунда β_1 – суюқлик плёнкасидаги модда бериш коэффициенти, кмоль/м²·с; β_2 – суюқлик ваннасидаги масса бериш коэффициенти, кмоль/м²; β_3 – газ фазасида масса бериш коэффициенти, кмоль/м².



1 - суюқлик плёнка оқимининг йўналиши; 2 - фильтрловчи материал; 3 - газ оқимининг йўналиши; β_c ; β_G – суюқлик ва газ фазалардаги модда бериш коэффициентлари, кмоль / м²·с; δ_ϕ – фильтрловчи материал қалинлиги, мм; $\delta_{\text{ПЛ}}$ – ишчи суюқлик плёнкаси қатлами қалинлиги, мм.

2 – расм. Фильтрловчи материалда суюқлик плёнкаси ва томчиларни газ оқими билан таъсирлашув схемаси

Ротор-фильтрли аппаратдаги умумий модда миқдорини аниқлашда мавжуд қонуниятлар ва тенгламалардан фойдаланилди ва қуйидагича ишчи тенглама тузилди, кг:

$$\sum M = \left(\frac{0,0021 \cdot \text{Re}_c^{0,75} \cdot (\text{Pr}_c)^{0,5} \cdot D_c}{\delta_{\text{ПЛ}}} + \frac{2(1 + 0,276 \cdot \text{Re}_r^{0,5} \cdot \text{Pr}_r^{0,33}) \cdot D_r}{\frac{\sum d_x^3}{\sum d_c^2}} + \right. \quad (2)$$

$$\left. + \frac{0,27 \cdot \text{Re}_c^{0,33} \cdot (\text{Pr}_c)^{0,34} \cdot D_c \cdot \sigma}{P_r} \right) \cdot \Delta c \cdot F_{\text{VM}}$$

(2) тенгламдаги суюқлик плёнкаси қалинлиги $\delta_{\text{ПЛ}}$ аниқлаш мураккаб характерга эга ва турли четга чиқишларни талаб этганлиги сабабли плёнка қалинлигини айланувчи роторга қопланган фильтрловчи тўрли материал актив юзасининг пассив юзага нисбати орқали аниқлаш тенгламаси киритилди. У ҳолда плёнка қалинлигини аниқлаш тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин бўлади, мм;

$$\delta_{\text{ПЛ}} = \Delta k \frac{S_{\text{акт}}}{S_{\text{нас}}} \sqrt{\frac{L_{\text{ёй}} \cdot \Gamma}{r_p \cdot \rho_c \cdot \omega_p^2}} \quad (3)$$

бунда L – плёнка қатлами ҳаракатланадиган ёй узунлиги, м; r – ротор ишчи юзасининг радиуси, м; ω – роторнинг бурчак тезлиги, 1/с; $S_{\text{акт}}$ – қурилманинг фильтрловчи материалга тешик очилмаган юзаси, м²; $S_{\text{нас}}$ – қурилманинг фильтрловчи материалга тешик очилган юзаси, м²; Δk – тўғрилаш коэффициенти бўлиб, у тажриба йўли билан аниқланди.

Аппаратда суюқлик ва газ оқимларининг харакатланиш траекторияси, газ фазанинг аппаратда бўлиш вақти ва оқимларнинг бир бири билан аралашуви масса ламашиниш жараёни кинетикасига кескин таъсир этади.

Тадқиқ этилаётган ротор-фильтрли аппаратда оқимларнинг алоқа вақти масса алмашиниш жараёни ва аппарат тозалаш самарадорлигига сезиларли таъсир этади.

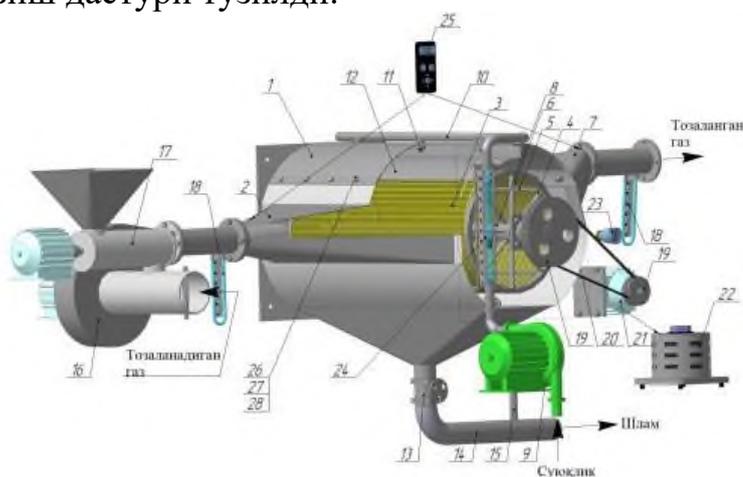
Ротор-фильтрли тажриба аппарати конструкцияси ва гидродинамикасига кўра, тажриба аппаратида оқимларнинг алоқа вақтини ҳисоблаш учун қуйидаги тенглама тузилди.

$$\tau = \frac{L}{\left(\frac{d_{\phi}}{D}\right) \cdot \varrho_K} \cdot \zeta_{иш} \quad (4)$$

бунда L – газ оқимининг харакатланиш йўли, м; d_{ϕ} – фильтрловчи тешик диаметри, м; D – барабан диаметри, м; ϱ_K – газ оқимининг аппаратга кириш тезлиги, м/с, $\zeta_{иш}$ – аппарат ишчи юзаси қаршилик коэффиценти бўлиб, тажриба йўли билан аниқланади.

Бундан ташқари синов тажрибалари учун чанг намуналари танланди ва уларнинг физик-кимёвий таркиби лаборатория анализидан ўтказилди. Аппаратнинг тозалаш самарадорлиги ва энергия истеъмолини аниқлашда Semrau К.Т. нинг тадқиқот ишидан фойдаланилди.

Диссертациянинг «**Ротор-фильтрли аппаратда тажрибавий тадқиқотлар ўтказиш усуллари ва натижалари**» деб номланган учинчи бобида ўтказилган назарий тадқиқотлар натижаларини текшириш ҳамда ротор – фильтрли аппаратда кам энергия сарфлаган ҳолда юқори тозалаш самарадорлигини белгиловчи параметрларни аниқлаш учун экспериментал тадқиқотларни ўтказиш дастури тузилди.

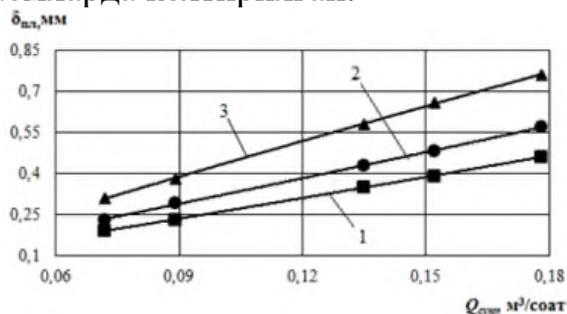


1 – аппарат танаси; 2 – диффузор; 3 – фильтрловчи тўрли материал; 4, 5 – стержень; 6 – пўлат тўр; 7 – конфузор; 8 – вал; 9 – насос; 10 – суюқлик қузури; 11 – штуцер; 12 – зонт; 13 – жумрак; 14 – шлам қузури; 15 – сатҳни мослаштирувчи қувор; 16 – вентилятор; 17 – шнекли таъминлагич; 18 – Прандл найи; 19 – шкив; 20 – тасма; 21 – электромотор; 22 – ЛАТР; 23 – тахометр; 24 – ротометр; 25 – электрон монометр JM-510; 26, 27, 28 – болт, гайка ва шайба.

3 - расм. Тажриба апаратининг умумий кўриниши

Аппаратда водород-фторид ва аммиак газларини тозалаш жараёни учун абсорбент ГОСТ 5100-85 ва ГОСТ 5100-89 талаби бўйича танланди ҳамда лаборатория таҳлиллари микроскопик усул орқали ўтказилди. Унга кўра водород-фторид газини тозалаш учун техник соданинг сувдаги 10%, 20% ва 30% эритмаси ҳамда аммиак газини тозалаш учун аммиакли селитранинг нитрат кислотасидаги 15%, 25% ли эритмаси олинди. Танланган абсорбентларнинг ротор-фильтрли аппарат фильтри юзасида ҳосил бўладиган плёнка қалинлиги, плёнка қалинлигининг масса бериш коэффициенти ва масса бериш коэффициентининг тозалаш самарадорлигига таъсири бўйича тажрибавий тадқиқотлар ўтказилди. Тажрибавий тадқиқотлар уч босқичда амалга оширилди. Ўзгарувчи омиллар сифатида абсорбент сарфи $Q_c=0,068 \div 0,180$ м³/соат, штуцер тешигининг диаметри $d_{ш}=1$ мм; 2 мм ва 3 мм, газ тезлиги $v_r=5,0 \div 30,0$ м/с гача оралиқ қадам 5 м/с, ротор ишчи юзасига қопланган фильтрловчи паронит материал тешигининг диаметри $d_{ф}=2$ мм; 3 мм ва 4 мм этиб белгиланди. Газ ва суюқлик тизими учун атроф-муҳит ҳарорати $20 \pm 2^\circ\text{C}$ танланди.

Биринчи босқичда абсорбцион суюқликларнинг ротор ишчи юзасида ҳосил қиладиган плёнкаи қалинлиги аниқланди. Тажриба натижалари 4 ва 5 расмларда келтирилган.



4-расм. Плёнка

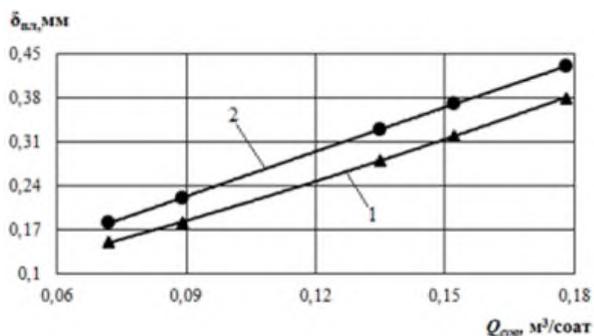
қалинлигининг суюқлик сарфига боғлиқ ҳолда ўзгариши:

$d_{ш}=3$ мм бўлганда $Q_{сую}=0,072 \div 0,178$ м³/соат;

1 - техник сода (Na_2CO_3) нинг сувдаги 10 % ли эритмаси;

2 - техник сода (Na_2CO_3) нинг сувдаги 20 % ли эритмаси;

3 - техник сода (Na_2CO_3) нинг сувдаги 30 % ли эритмаси.



5-расм. Плёнка қалинлигининг суюқлик сарфига боғлиқ ҳолда ўзгариши:

$d_{ш}=3$ мм бўлганда $Q_{сую}=0,072 \div 0,178$ м³/соат;

1 – аммиакли селитранинг (NH_4NO_3) нитрат кислотасидаги (HNO_3) 15%ли эритмаси; 2 – аммиакли селитра нинг (NH_4NO_3) нитрат кислотасидаги (HNO_3) 25%ли эритмаси.

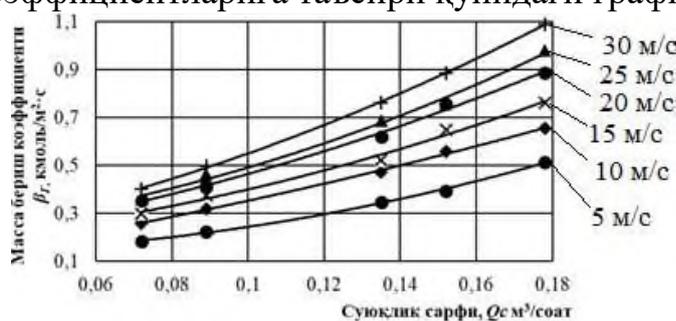
4 - расмда берилган графикдан кўринадикки, абсорбент сарфининг энг кичик қийматларида техник соданинг сувдаги 10, 20 ва 30% ли эритмалари бўлганда плёнка қатлами қалинлиги $\delta_{пл}=0,10 \div 0,17$ мм оралиғида ўзгариши кузатилган бўлса, абсорбент сарфининг энг катта қийматларида плёнка қалинлиги $\delta_{пл}=0,25$ ммдан $\delta_{пл}=0,75$ мм гача ортиши кузатилди.

5 - расмда берилган графикдан кўринадикки, абсорбент сарфининг энг кичик қийматларида аммиакли селитранинг нитрат кислотасидаги 15% ва 25%ли эритмалари бўлганда плёнка қатлами қалинлиги $\delta_{пл}=0,15 \div 0,38$ мм оралиғида ўзгариши кузатилган бўлса, абсорбент сарфининг энг катта қийматларида плёнка қалинлиги $\delta_{пл}=0,17$ ммдан $\delta_{пл}=0,44$ мм гача ортиши кузатилди.

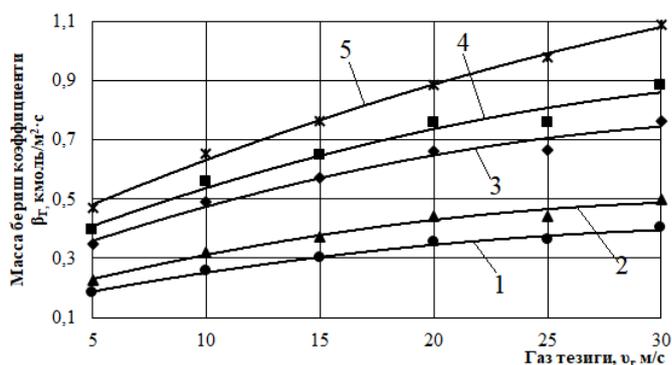
Бундан хулоса қилиш мумкинки танланган абсорбентда техник сода концентрациясининг ортиши ҳамда аммиакли селитранинг нитрат кислотасидаги концентрациясининг ортиши абсорбент қовушқоқлиги ва плёнка қалинлигини ортиради. Лекин аппаратда гидравлик қаршилик ҳам ортади. Бу эса ўз навбатида аппаратнинг тозалаш самарадорлигини ортишига олиб келади. Бундан ташқари қурилма роторига қопланган фильтр тешигининг диаметри ўзгариши ҳам ҳосил бўладиган плёнка қалинлиги ва унинг мустаҳкамлигига таъсир кўрсатиши маълум бўлди.

Тажрибаларнинг иккинчи ва учинчи босқичида аппарат фильтрловчи юзасидаги плёнка қатламининг модда бериш коэффиценти ҳамда модда бериш коэффиценти тозалаш самарадорлигига таъсири тадқиқ этилди. Тажриба натижалари 1-жадвалда берилган.

Шунингдек, ўзгарувчи омилларнинг газ фазасидаги масса бериш коэффицентларига таъсири қуйидаги графикларда кўрсатилган.



6 - расм. Масса бериш коэффицентини абсорбент сарфига боғлиқ ҳолда ўзгариш графиги
 $d_{иу}=3$ мм ва $d_{ф}=2$ мм; суяқлик-техник соданинг сувдаги 30 % эритмаси.



7-расм. Масса бериш коэффицентини газ тезлигига боғлиқ ҳолда ўзгариш графиги:
 тозаланадиган газ-водород фторид;
 $d_{ф}=2$ мм; $d_{иу}=3$ мм;
 1 – $Q_{сую}=0,072$ м³/соат;
 2 – $Q_{сую}=0,089$ м³/соат;
 3 – $Q_{сую}=0,135$ м³/соат;
 4 – $Q_{сую}=0,152$ м³/соат;
 5 – $Q_{сую}=0,178$ м³/соат.

6-расмдан кўринадикки, фильтрловчи материал (паронит) тешигининг диаметри $d_{ф}=2$ мм, суяқлик сарфи $Q_{сую}=0,072 \div 0,178$ м³/соатда ва газ оқимининг тезлиги $v_{Г}=5$ м/с бўлганда масса бериш коэффицентининг қиймати $\beta_{Г}=0,184 \div 0,402$ кмоль/м²·с ораликда ўзгариши кузатилган бўлса, ушбу кўрсаткич газ оқимининг тезлиги $v_{Г}=30$ м/с га ортганда $\beta_{Г}=0,515$ кмоль/м²·с дан $\beta_{Г}=1,09$ кмоль/м²·с гача ортиши кузатилди.

7-расмдан кўринадики, фильтрловчи материал (паронит) тешигининг диаметри $d_{\phi}=2$ мм, штуцер тешигининг диаметри $d_{ш}=3$ мм ва тозаланадиган газ оқимининг минимал тезлиги 5 м/с бўлганда масса бериш коэффициентининг қиймати $\beta_T=0,184\div 0,471$ кмоль/ $m^2\cdot c$ ораликда ўзгариши кузатилди.

1-жадвал

Абсор- бент	Фильтрловчи тешик диаметри, $d_{\phi}=2$ мм			Фильтрловчи тешик диаметри, $d_{\phi}=3$ мм			Фильтрловчи тешик диаметри, $d_{\phi}=4$ мм		
	$\delta_{пл}$, мм	β_1 , кмоль / $m^2\cdot c$	η , %	$\delta_{пл}$, мм	β_1 , кмоль / $m^2\cdot c$	η , %	$\delta_{пл}$, мм	β_1 , кмоль / $m^2\cdot c$	η , %
Техник соданинг сувдаги эритмасида водород-фторид газини тозалаш, 0,068-0,0160									
10%	0,17	0,0260	66,71	0,11	0,0220	59,34	0,08	0,0210	55,06
	0,41	0,0608	73,57	0,27	0,0510	72,46	0,20	0,0486	70,81
20%	0,22	0,0285	72,74	0,14	0,0241	63,21	0,10	0,0230	55,06
	0,51	0,0659	74,02	0,33	0,0559	70,97	0,25	0,0533	68,04
30%	0,28	0,0304	77,68	0,21	0,0257	72,27	0,15	0,0245	69,34
	0,67	0,0704	92,28	0,50	0,0596	90,02	0,37	0,0569	76,97
Аммиакли селитранинг нитрат кислотадаги эритмасида аммиак газини тозалаш									
15%	0,14	0,00105	63,21	0,09	0,00089	57,25	0,07	0,00085	53,23
	0,34	0,00245	87,77	0,22	0,00209	83,30	0,16	0,00201	80,01
25%	0,16	0,00113	78,98	0,10	0,00096	73,28	0,07	0,00092	69,27
	0,38	0,00264	97,45	0,25	0,00225	95,53	0,28	0,00217	93,85
Техник соданинг сувдаги эритмасида водород-фторид газини тозалаш, 0,071-0,168									
10%	0,18	0,0271	69,88	0,12	0,0229	63,21	0,09	0,0219	59,34
	0,43	0,0638	93,91	0,28	0,0529	90,92	0,21	0,0511	87,75
20%	0,23	0,0345	69,88	0,14	0,0251	89,97	0,10	0,0240	59,34
	0,54	0,0757	93,91	0,35	0,0591	91,79	0,26	0,0565	88,91
30%	0,29	0,0317	79,81	0,19	0,0268	72,27	0,14	0,0255	63,21
	0,71	0,0746	97,87	0,46	0,0631	96,31	0,34	0,0602	89,97
Аммиакли селитранинг нитрат кислотадаги эритмасида аммиак газини тозалаш									
15%	0,14	0,00109	66,04	0,09	0,00093	59,74	0,06	0,00089	55,51
	0,36	0,00259	92,26	0,24	0,00218	88,58	0,18	0,00157	85,77
25%	0,17	0,00118	80,79	0,11	0,00100	75,34	0,12	0,00076	71,63
	0,40	0,00279	98,34	0,26	0,00238	96,98	0,28	0,00189	95,71
Техник соданинг сувдаги эритмасида водород-фторид газини тозалаш, 0,72-0,178									
10%	0,19	0,0275	69,88	0,13	0,0232	63,21	0,10	0,0222	59,34
	0,46	0,0676	95,02	0,30	0,0585	91,79	0,22	0,0540	88,91
20%	0,23	0,0349	75,34	0,15	0,0254	66,71	0,11	0,0243	61,32
	0,57	0,0851	96,66	0,38	0,0619	92,57	0,28	0,0592	92,57
30%	0,31	0,0321	79,81	0,20	0,0271	72,27	0,15	0,0258	63,21
	0,76	0,0782	98,62	0,50	0,0661	96,31	0,37	0,0629	89,97
Аммиакли селитранинг нитрат кислотадаги эритмасида аммиак газини тозалаш									

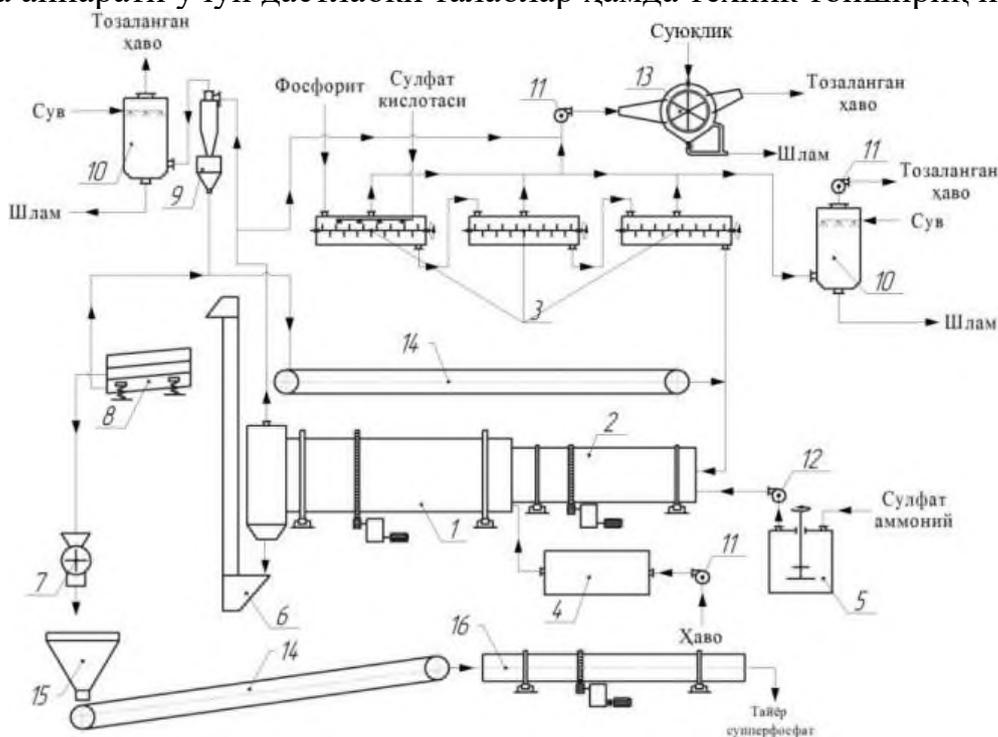
15%	0,15	0,00111	67,69	0,10	0,00094	61,71	0,07	0,00090	57,68
	0,38	0,00275	97,52	0,25	0,00231	96,04	0,18	0,00222	94,49
25%	0,18	0,00120	80,79	0,11	0,00101	75,34	0,08	0,00097	71,63
	0,43	0,00296	98,34	0,28	0,00249	96,98	0,21	0,00224	95,71

Тозаланадиган газ оқимининг максимал тезлиги 30 м/с бўлганда масса бериш коэффициентининг қиймати $\beta_T=0,402$ кмоль/м²·с дан $\beta_T=1,09$ кмоль/м²·с гача ортиши кузатилди.

Ўзгарувчи омилларнинг суюқлик фазадаги масса бериш коэффициентига, аппарат тозалаш самарадорлигига таъсири аниқланган ва натижалар 1-жадвалда берилган.

1-жадвалда келтирилган маълумотлардан кўринадики, водород-фторид газини учун танланган абсорцион суюқлик сарфининг энг кичик қийматида плёнка қалинлиги $\delta_{пл} = 0,17$ мм дан $\delta_{пл} = 0,41$ мм гача ўзагарган бўлса, ушбу кўрсаткич абсорбент сарфининг энг юқорги қийматида $\delta_{пл} = 0,31$ мм дан $\delta_{пл} = 0,76$ мм гача ортганлиги кузатилди. Шунингдек, аммиак газини учун танланган абсорцион суюқлик сарфининг энг кичик қийматида плёнка қатлами қалинлиги $\delta_{пл} = 0,14$ мм дан $\delta_{пл} = 0,34$ мм гача ўзагарган бўлса, ушбу кўрсаткич абсорбент сарфининг энг юқорги қийматида $\delta_{пл} = 0,18$ мм дан $\delta_{пл} = 0,43$ мм гача ортганлиги кузатилди.

Диссертациянинг «Чанг ва газларни тозаловчи ротор-фильтрли аппаратни саноатда қўллаш ва унинг иқтисодий самарадорлигини баҳолаш» деб номланган тўртинчи бобида ўтказилган назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида чанг ва газларни хўл усулда тозаловчи тажриба аппарати учун дастлабки талаблар ҳамда техник топшириқ ишлаб



8 – расм. Ротор-фильтрли аппаратни газ тармоғига улаш схемаси:

1 – барабанли куритгич; 2 - барабанли гранулятор; 3 – аралаштиргич билан жиҳозланган горизонтал реактор; 4 – колорифер; 5 – аралаштиргич билан

жиҳозланган вертикал реактор; 6 – ковушли элеватор; 7 – болғали майдалагич; 8 – ғалвир; 9 – Циклон НИОГАЗ; 10 – скруббер; 11 – вентилятор; 12 – насос; 13 – ротор-фильтрли қурилма; 14 – конвейер; 15 – таъминлагич билан жиҳозланган бункер; 16 – барабанли совутгич.

чиқилди ва тадқиқот натижалари асосида ротор-фильтрли аппаратнинг sanoat нухасини ишлаб чиқариш учун “Farg‘onaazot” А.Ў.нинг конструкторлик бўлимига топширилди. Қурилма “Farg‘onaazot” А.Ў.нинг суперфосфат цехи технологик линиясидаги аралаштирувчи реакторлардан иккиламчи водород-фторид газни чиқадиган тармоққа ўрнатилди.

Sanoat синовларини ўтказишда қуйидаги параметрлар, яъни фильтрловчи материал (паронит) тешигининг диаметри $d_{\phi} = 2$ мм; $d_{\phi} = 3$ мм ва $d_{\phi} = 2$ мм, суюқликни сочувчи штуцер тешигининг диаметри $d_{ш} = 1$ мм; $d_{ш} = 2$ мм ва $d_{ш} = 3$ мм, аппаратдаги газ тезлиги $v_r = 5,0 \div 30,0$ м/с оралиғида, аппаратга берилаётган суюқлик сарфи $Q_{сую} = 0,068 \div 0,178$ м³/соат, роторнинг айланишлар сони эса $n = 25$ айл/мин танланди. Ташқи муҳит ҳарорати $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, аралаштирувчи реакторлардан чиқаётган газ оқими ҳарорати $65 \div 80^{\circ}\text{C}$ ва босими 2 атмда олиб борилди.

Таърибаларнинг кўп омиллигини ҳисобга олиб аппарат тозалаш самарадорлиги ва энергия истеъмолини аниқлашда математик режалаштириш усулидан фойдаланилди. Унга кўра ўзгарувчи омиллар сифатида танланган фильтрловчи материал тешигининг диаметри (X_1), штуцер тешигининг диаметри (X_2), суюқлик сарфи (X_3), ва газ тезлиги (X_4) аппаратнинг тозалаш самарадорлиги ва энергия истеъмолига энг кўп таъсир этувчи омиллар эканлиги аниқланди ҳамда омилларнинг ўзгариш оралиқлари белгиланди.

Тадқиқ этилаётган жараёнларга таъсир этувчи омиллар, яъни аппаратнинг тозалаш самарадорлиги ва энергия истеъмолининг мақбул қийматларини аниқлаш мақсадида регрессия тенгламалари водород-фторид ва аммиак газларини тозалаш жараёни учун алоҳида-алоҳида ечиб кўрилди. Бунда водород-фторид газини тозалаш самарадорлиги 98,6% ва аммиак газини тозалаш самарадорлиги эса 98,3 % дан юқори бўлиш шарти ГОСТ 12.1.007-76 ҳамда ГОСТ 12.1.005-88 талаби бўйича қабул қилинди. Ушбу вазифа ЭХМнинг Microsoft Excel дастурида ечилиб, ўзгарувчи омилларнинг кодланган кўринишидаги мақбул қийматлари олинди ҳамда кодланган қийматлардан натурал қийматларга ўтилди.

2 - жадвал

Водород – фторид газини тозалаш самарадорлиги ва унга сарфланган энергия истеъмолининг кўп таъсир этувчи омилларга боғлиқлиги

№	X_1 $d_{\phi}, \text{мм}$	X_2 $d_{ш}, \text{мм}$	X_3 $Q_{сую}, \text{м}^3/\text{соат}$	X_4 $v_r, \text{м/с}$	Y_1 $\eta, \%$	Y_2 $K_y, \text{кЖ}/1000\text{м}^3$
1	2	1	0,123	5	99,75	115,8
2	2	3	0,178	5	99,99	6,9
3	4	3	0,178	5	99,99	4,9
4	4	1	0,068	5	96,98	2,6
5	2	3	0,178	15	99,32	39,2
6	4	3	0,178	30	97,26	173,3
7	3	2	0,123	5	99,77	4,9
8	3	2	0,123	15	96,31	24,6

3 - жадвал

Аммиак газини тозалаш самарадорлиги ва унга сарфланадиган энергиянинг кўп таъсир этувчи омилларга боғлиқлиги

№	X ₁ Q _{сую} , м ³ /соат	X ₂ v _с , м/с	X ₃ d _ш , мм	X ₄ d _ф , мм	Y ₁ η, %	Y ₂ K _у , кЖ/1000м ³
1	0,160	5	1	2	97,45	1,5
2	0,168	5	2	2	97,89	1,54
3	0,152	5	3	2	97,04	1,5
4	0,178	5	3	2	98,34	1,6
5	0,178	5	3	3	96,98	1,2
6	0,178	5	3	4	95,71	1,0
7	0,168	5	2	3	96,23	1,4
8	0,147	5	2	2	96,59	1,44

Аппаратда водород–фторид газини тозалаш самарадорлиги куйидаги регрессия тенгламаси бўйича аниқланади, %

$$Y_1 = 98,626 - 0,789X_1 - 0,492X_2 - 0,690X_3 - 0,304X_4 - 0,492X_1X_3 - 0,789X_2X_3 + 0,0404X_3X_4 \quad (5)$$

Аппаратда водород–фторид газини тозалаш жараёни учун сарфланадиган энергия куйидаги регрессия тенгламаси бўйича аниқланади, кЖ/1000 м³

$$Y_2 = 46.210 + 5.218X_1 - 37.068X_2 - 0.8937X_3 - 0.89375X_4 - 37.068X_1X_3 + 5.218X_2X_3 + 46.210X_3X_4 \quad (6)$$

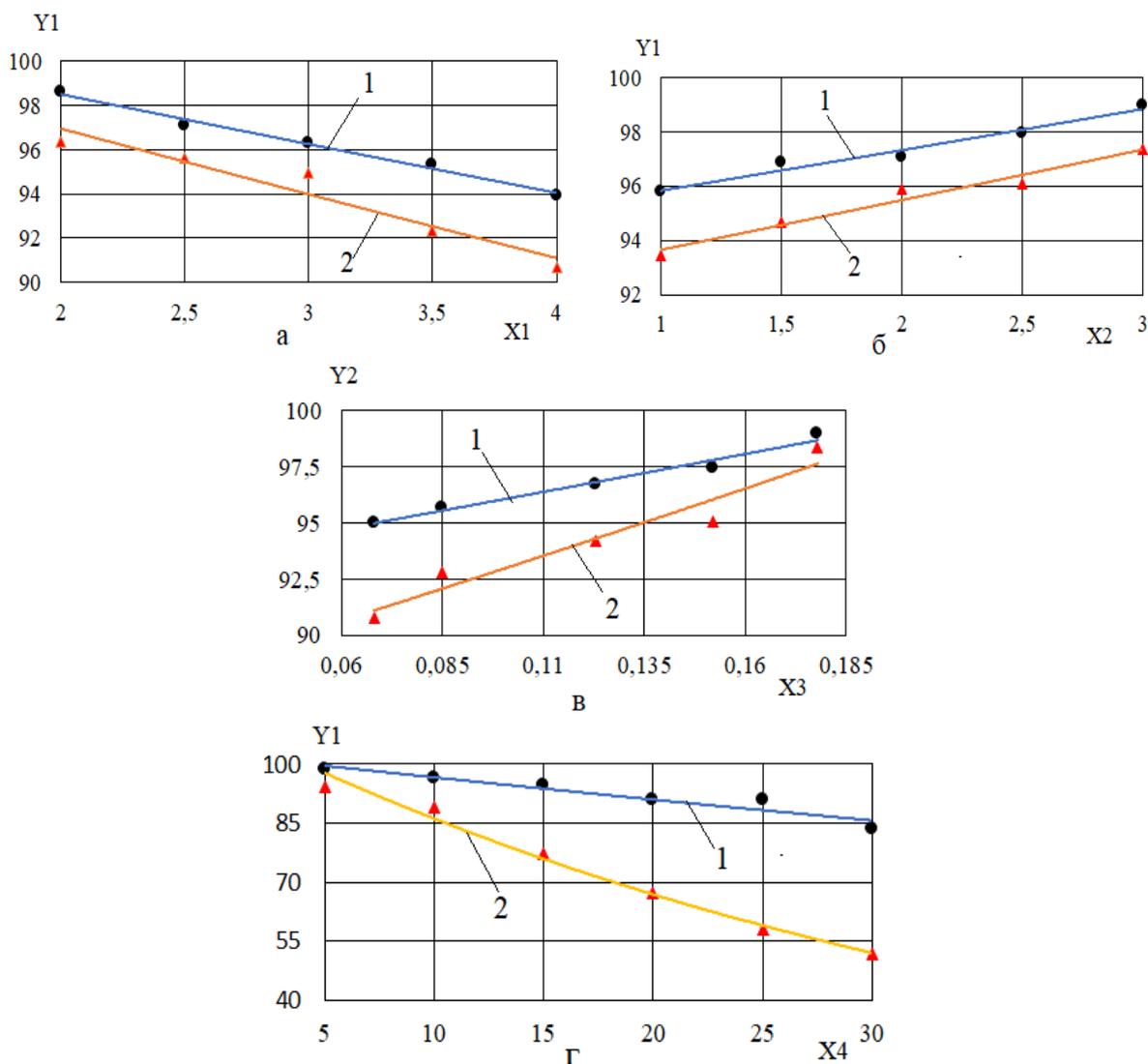
Аппаратда аммиак газини тозалаш самарадорлиги куйидаги регрессия тенгламаси бўйича аниқланади, %

$$Y_1 = 97.78 + 0,029X_1 - 0.163X_2 + 0,295X_3 + 0.295X_4 + 0.295X_1X_2 - 0.020X_1X_3 - 0.020X_1X_4 \quad (7)$$

Аммиак газини тозалаш жараёни учун сарфланадиган энергия куйидаги регрессия тенгламаси бўйича аниқланади, кЖ/1000 м³

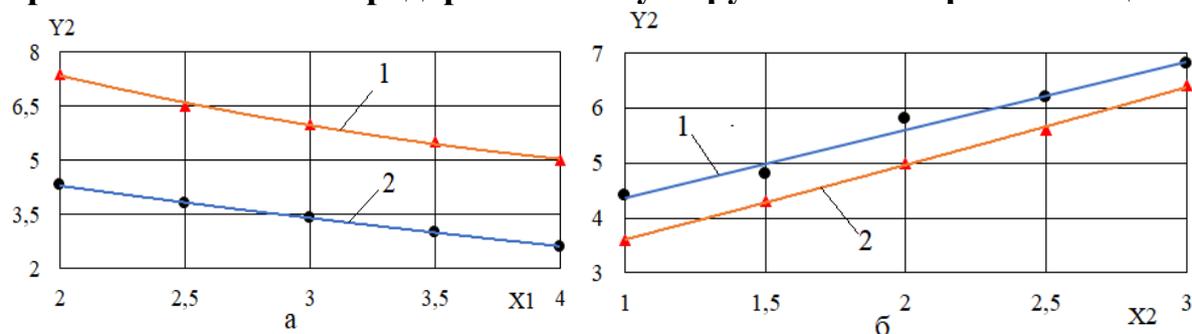
$$Y_2 = 45.96 - 0,006X_1 + 0.26X_2 - 0.024X_3 - 0.024X_4 - 0.0242 X_1X_2 + 0.0325X_1X_3 + 0.0325X_1X_4 \quad (8)$$

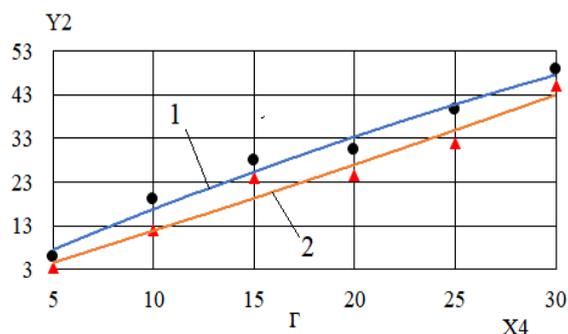
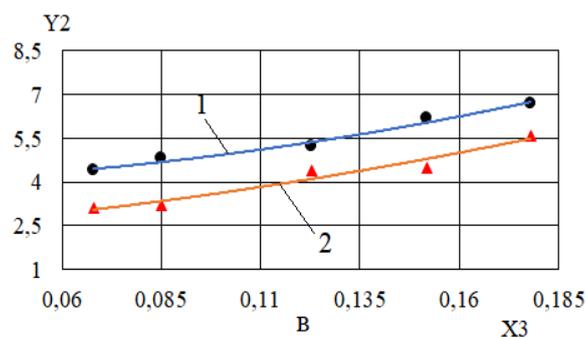
Водород-фторид ва аммиак газларини тозалаш жараёнида олинган регрессия тенгламаларидан фойдаланиб тозалаш самарадорлиги ва энергия сарфининг аппаратдаги ўзгарувчан омилларга боғлиқлик графиклари курилди. Натижалар 9; 10 а, б, в, г – расмларда келтирилган.



1–водород-фторид гази учун техник соданинг 30 % эритмасида; 2–аммиак гази учун аммиакли селитранинг нитрат кислотасидаги 25 % эритмасида; *a* –тозалаш самарадорлигининг филтрловчи материал тешигининг диаметрига боғлиқлиги; *б* – тозалаш самарадорлигининг штуцер тешиги диаметрига боғлиқлиги; *в* – тозалаш самарадорлигининг суюқлик сарфига боғлиқлиги; *г* – тозалаш самарадорлигининг газ тезлигига боғлиқлиги

9-расм. Тозалаш самарадорлигининг ўзгарувчи омилларга боғлиқлиги





1—водород -фторид гази учун техник соданинг 30% эритмасида; 2—аммиак гази учун аммиакли селитранинг нитрат кислотасидаги 25% эритмасида; *a* - энергия сарфининг фильтрловчи материал тешигининг диаметрига боғлиқлиги; *b* - энергия сарфининг штуцер тешиги диаметрига боғлиқлиги; *v* - энергия сарфининг суюқлик сарфига боғлиқлиги; *z* - энергия сарфининг газ тезлигига боғлиқлиги.

10-расм. Энергия сарфининг ўзгарувчи омиларга боғлиқлиги

Шундай қилиб, водород - фторид ва аммиак газларини тозалаш жараёни учун аппаратнинг мақбул параметрлари стандарт ҳолатга келтирилди ва уни қуйидагича ёзиш мумкин.

Юқорида 9, 10 - расмлар ҳамда 1 ва 2 - жадвалларда берилган маълумотлардан фойдаланиб, тажриба қурилмасининг мақбул параметрлари стандарт ҳолатга келтирилди. Водород фторид газини тозалаш жараёни учун:

- фильтрловчи материал тешигининг диаметри, $d_{\phi} = 2,0$ мм;
- штуцер тешигининг диаметри, $d_{ш} = 1,70$ мм;
- суюқлик сарфи, $Q_{сую} = 0,178$ м³/соат.
- тозаланадиган газ оқимининг тезлиги, $v = 5,0$ м/с.

аммиак газини тозалаш жараёни учун:

- фильтрловчи материал тешигининг диаметри, $d_{\phi} = 2,0$ мм;
- штуцер тешигининг диаметри, $d_{ш} = 3,0$ мм;
- суюқлик сарфи, $Q_{сую} = 0,178$ м³/соат.
- тозаланадиган газ оқимининг тезлиги, $v = 5,0$ м/с.

Ўзгарувчи омиларнинг бу қийматларида тажриба қурилмасининг энергия сарфи 5,9 кВт/соат, тозалаш самдорлиги 98,62% ни ташкил этди. Тажрибаларда олинган натижалар шу турдаги аппаратларга қўйиладиган техник талабларни тўлиқ қаноатлантирди.

Иқтисодий ҳисобларнинг кўрсатишича, чанг ва газларни тозаловчи ротор–фильтрли аппаратни саноатда қўллаш мавжуд ҳўл усулда тозаловчи скрубберга нисбатан тозалаш самардорлигини 3,6%га ортишини, 1м³ газ аралашмасини тозалаш учун сарфланадиган суюқлик 2,5 баробарга кам

сарфлашини таъминлайди ва бунинг эвазига 644,3 млн. сўм йиллик иқтисодий самара олинади.

ХУЛОСА

1. Чанг ва газларни тозаловчи ротор-фильтрли аппаратнинг мақбул конструктив ўлчамлари аниқланди.

2. Тадқиқот аппаратида масса алмашилиш жараёнини ўрганиш, тозалаш самарадорлиги ва энергия сарфини назарий асослаш учун аппаратнинг ҳисоблаш схемаси ишлаб чиқилди.

3. Водород фторид газини ушлаб қолиш учун техник соданинг сувдаги 30% эритмаси ва аммиак газини ушлаб қолиш учун эса аммиакли селитранинг нитрат кислотасидаги 25% эритмаси мақбул абсорбент эканлиги аниқланди.

4. Аппаратда масса алмашилиш жараёни тадқиқ этилди ва унинг тозалаш самарадорлиги ва энергия истеъмолига таъсири ўрганилди.

5. Аппарат фильтрловчи материали тешиги диаметрининг турли ўлчамларида, суюқлик ҳамда газ сарфининг турли қийматларида суюқлик ва газ фазалардаги масса бериш коэффицентлари аниқланди.

6. Аппаратга бериладиган тозаланадиган газ оқими тезлиги ва суюқлик сарфига боғлиқ ҳолда модда бериш коэффицентининг ўзгариши аниқланди.

7. Тозаланадиган газ оқими тезлиги $g_T=5\text{м/с}$ ва суюқлик сарфи $Q_{\text{сую}}=0,178\text{м}^3/\text{соат}$ бўлганда аппарат тозалаш самарадорлигининг қиймати $\eta=98,34\%$ ташкил этди. Суюқлик сарфи ва тозаланадиган газ оқимининг ушбу қийматлари оптимал деб топилди.

8. “Farg’onaazot”АЖ нинг АС-72М цехи суперфосфат минерал ўғити ишлаб чиқариш бўлимида тажриба синовлари ўтказилди. Жорий этишнинг йиллик иқтисодий самарадорлиги 644,3 млн. сўмни ташкил этади.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.03/30.12.2019.Т.04.01.ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ
ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

АХРОРОВ АКМАЛЖОН АКРАМЖОН УГЛИ

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РОТОР–
ФИЛЬТРУЮЩЕМ АППАРАТЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПЫЛИ И ГАЗОВ**

**02.00.16 - Процессы и аппараты химических технологий и пищевых промышленности
(технические науки)**

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

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2022.1.PhD/T2616.

Диссертация выполнена в Ферганском политехническом институте.

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

Научный руководитель:

Тожиев Расулжон Жумабоевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Абдуллаев Алишер Шоназарович
доктор технических наук, профессор

Нигмаджонов Самугжон Каримжонович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Защита диссертации состоится «29» 07 2023 г. в «11⁰⁰» часов на заседании Научного совета DSc27.06.2017.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: 100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-21; факс: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № ____, с по адресу (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871)244-79-21.

Автореферат диссертации разослан «24» 06 2023 года.
(протокол рассылки № 299 от «24» 06 2023 г.).



С.М.Турабжанов
Председатель Научного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

Х.И.Калиров
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению учёных степеней, д.х.н., доцент

К.П.Серкаев
Председатель Научного семинара при
научном совете по присуждению учёных
степеней, д.т.н., доцент

Введение (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всём мире выброс в атмосферу запыленного воздуха и различных токсических газов содержащиеся в них необходимые компоненты из-за старения аппаратов промышленных предприятий с течением времени и насчёт не полностью удовлетворением заданным требованиям технологических процессов наблюдается. Также, негативное воздействие этих отходов на окружающую среду значительно. Получение качественных продуктов, уменьшение испускания вредных пылей и газов, улавливание ценных компонентов и возвращение их на производственный процесс, модернизация оборудования предприятий, упрощение и повышение эффективности аппарата имеют важное значение.

В мире проводятся научные исследования по снижению негативного воздействия производственного процесса на окружающую среду, получению качественного продукта и обеспечению процесса очистки вредных газов на основе энергоэффективной технологии. В связи с этим провести анализ устройств и способов пылегазоочистки, выявить проблемы; изучение физико-химических свойств пыли и газов и достижение их максимальной очистки; обеспечение высокой эффективности за счет усовершенствования конструкции аппаратуры; особое внимание уделено экспериментальному исследованию влияния гидродинамики и конструктивных изменений аппарата на процесс массообмена в нем.

В нашей Республике достигаются научные и практические результаты по получению качественной продукции и снижению выбросов запыленного воздуха и токсических газов. В «Стратегии действий РУз на 2017-2021г.г...» отмечены такие важные задачи, как: глубокая переработка местных сырьевых ресурсов и производство готовой продукции на этой основе с высокой добавленной стоимостью. В этом направлении важным является повышение эффективности очистки аппарата на основе исследования гидродинамики и массообменных процессов мокрой пылегазоочистки и совершенствования конструкции аппарата.

Указы Президента Республики Узбекистан от 07 мая 2018 года за №3698, «О мерах по дальнейшему реформированию и финансовому оздоровлению предприятий химической промышленности, развитию производства химикатов с высокой добавленной стоимостью»¹ и № ПП-4265 от 3 апреля 2019 г. явились основой для установления зависимости настоящих исследований от приоритетов развития науки и технологий Республики.

Связь исследований с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики VII. «Химические технологии и нано технологии».

Степень изученности проблемы.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП 4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Научно-исследовательские работы по разработке и по изучению режимов работы и обоснованию параметров мокрых пылегазоулавливающих аппаратов, а также влияние массообменного процесса на эффективность и энергопотреблению проведены исследователями, С.Н.Лебедев, З.К.Маймеков, Х.М. Надим Касым, А.С.Поникаров, В.С. Казимаев, К.Б. Плотнев, Н.И.Печеркин, А.Ю. Вальдберг, В.М. Рамм, Д.Г.Паджи, В.С.Галустов, С.Б.Штарк, Т.К.Шервуд, Р.Л.Пигфорд и Е.С.Пикалов, Н.Р. Юсупбеков, Х.С. Нурмухаммедов, А.М.Хурмаматов, Р.Дж. Тожиев, И.Т. Каримов, А.С. Исомидинов и другие. Ими усовершенствованы и разработаны фильтрующий аппарат для мокрой очистки от амфосной и селитровой пыли, аппараты с завихрительным контактным элементом для мокрой очистки запыленных газовых смесей, барботажный экстрактор для переработки систем жидкость-жидкость-газ.

Одновременно ведутся научно-исследовательские работы по созданию технологических методов очистки запыленных газов и устройств предназначенных для химической промышленности, имеющих простую конструкцию, невысокую стоимость и пригодных для экспорта.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертация выполнена в рамках хозяйственных договоров №37/1272 «Инновационные решения по превдотвращению пыли и газообразные выбросы в атмосферу в цехе АС-72М АО Farg`onaazot» (2015-2019), НИС-13-18 «Исследование аппаратов мокрой очистки запыленного воздуха промышленных предприятий» Ферганском политехническом институте.

Цель исследования заключается в повышении эффективности очистки и интенсификации массообменного процесса в ротор-фильтрующем аппарате для очистки промышленных пылей и газов, путем модернизации её.

Задачами исследования являются:

анализ современных видов мокрых пылегазоулавливающих аппаратов;
исследование массообменного процесса в ротор-фильтрующем аппарате;
определение коэффициентов массоотдачи в газовой и жидкой фазах в экспериментальной установке;

изучение влияния коэффициентов массоотдачи на эффективность очистки и потребление энергии;

обоснование оптимальных значений параметров аппарата с использованием метода математического планирования экспериментов.

Объектом исследования являются фтористый водород и газы аммиака, образующаяся в цехе АС-72М АО “Farg`onaazot”, а также ротор-фильтрующий пылегазоулавливающий аппарат.

Предметом исследования являются аналитические зависимости, выражающие влияние коэффициентов массоотдачи на эффективность очистки и затраты энергии, а также закономерности изменения технических параметров аппарата в зависимости от коэффициентов массоотдачи, скорости газа, расхода и гидродинамических режимов жидкости.

Методы исследования. В исследовании использовались законы и правила гидравлики, термодинамики, технологии минеральных удобрений, химической технологии, физики, методов математического планирования экспериментов, а также методы, изложенные в действующих нормативных документах.

Научная новизна исследования заключается в следующем:
определено влияние размера отверстия фильтрующего барабана на процесс массообмена и на эффективность газоочистки аппарата;
доказано влияние изменения скорости подаваемого очищаемого газа в аппарат на процесс массоотдачи и эффективность газоочистки;
определены коэффициенты массоотдачи в газовой и жидкой фазах;
обосновано влияние изменения концентрации технической соды в составе абсорбента и повышение расхода абсорбента на коэффициенты массоотдачи для очистки газа фторида водорода;
ротор-фильтрующий аппарат для очистки промышленных пылей и газов модернизирован путём интенсификации массообменного процесса и повышения эффективности газоочистки аппарата.

Практические результаты исследования:

на основе измерения расхода, скорости и толщины плёнки жидкости получены математические модели для определения коэффициентов массоотдачи;

определено число единиц переноса выражающее эффективность очистки экспериментальной установки при разных значениях активной поверхности фильтра;

разработан технологический процесс очистки фтористого водорода и газов аммиака в ротор-фильтрующем аппарате.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования объясняется проведением исследований с использованием современных методов и средств измерений, обработкой методами гидравлики, термодинамики, физики, химической технологии, математической статистики при теоретическом обосновании параметров ротор-фильтрующего аппарата мокрой очистки газов, взаимной адекватностью теоретических и практических результатов, положительными результатами экспериментальных испытаний усовершенствованного аппарата на основании исследований и их внедрением в практику.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что в ротор-фильтрующем аппарате мокрой очистки запыленных газов обоснованы параметры, обеспечивающие высокую эффективность очистки при низких затратах энергии, а также полученные математические модели и аналитические связи могут быть использованы для обоснования параметров аналогичных аппаратов.

Полученная математическая модель на основании измерения плёнки жидкости образующейся на поверхности ротора, расхода жидкости и очищаемого газа служат для практического применения и для разработки новой конструкции

аппарата.

Внедрение результатов исследований. На основании полученных результатов для обеспечения высокой эффективности очистки при низком энергопотреблении в аппарате для очистки промышленных пылей и газов:

ротор-фильтрующий аппарат внедрен в цех АС-72М производства суперфосфата «Farg‘onaazot» АО (справка Государственного комитета Республики Узбекистан по экологии и охране окружающей среды от 09.09.2022г. №04-02/7-1785). В результате внедрения позволила повысить очистку мокром способом пыли и газов химической отрасли до 98,6 % и уменьшить концентрации фторида водорода до 8,4 мг/м³.

Внедрена технология поглощения газообразного фторида водорода на водный раствор технической соды и водный раствор натрий гидрокарбоната в производство «Farg‘onaazot» АО. (справка Государственного комитета Республики Узбекистан по экологии и охране окружающей среды от 09.09.2022г. №04-02/7-1785). В результате внедрение дала возможности эффективной очистки газов с оптимизацией экстракционной характеристики фильтрующего аппарата.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были изложены в виде докладов и апробированы на 5 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 22 научных работ, из них 10 статей опубликованы в научных журналах, в том числе в 4 национальных и 6 зарубежных журналах, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD).

Структура и объем диссертации. Содержание диссертации состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников. И приложений. Объем основных текстовых материалов составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

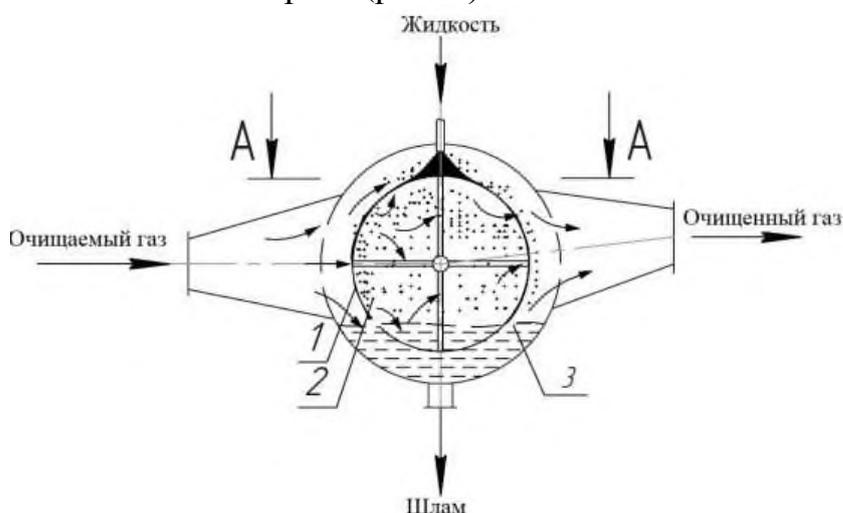
Во введении обоснована актуальность и необходимость проведенных исследований, описаны цели и задачи, объект и предметы исследования, указано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Описана научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, приведена информация о внедрении результатов исследования в практику, опубликованных работах и в структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Анализ массообменных аппаратов мокрой газоочистки**» дается подробный анализ принципа действия, преимуществ и недостатков аппаратов, представленных в научной литературе и исследованиях в данной области. На основе анализа расчетных методов было изучено массообменный процесс в системе газ-жидкость и методы для интенсификации в ротор-фильтрующем аппарате. Определены цель и задачи

исследований на основании теоретических анализов литературы соответствующей проблеме и их обобщения, а также на основе изучения текущего состояния проблемы. В конце главы даны заключения.

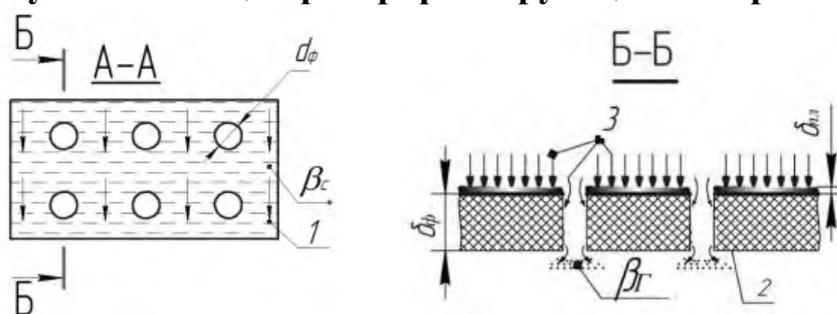
Во второй главе диссертации «**Теоретические основы массообменного процесса в пылегазоулавливающем ротор-фильтрующем аппарате**» в целях теоретического обоснования влияния массообменного процесса на эффективность очистки и энергопотреблению аппарата проведены анализы толщины плёнки образующейся на рабочей поверхности фильтра, массообменного процесса при фазе газ-жидкость, брызгоунос жидкости из аппарата, а также проведены анализы по физико-химическим свойствам выбранных запыленных газов.

Для теоретического обоснования массообменного процесса была разработана расчетная схема аппарата (рис. 1).



1 – плёночный слой жидкости; 2 – капли жидкости; 3 – Отработанная жидкость.

Рис. 1. Схема определения контактных массообменных поверхностей в пылегазоулавливающем ротор-фильтрующем аппарате



1 – направление течения плёнки жидкости; 2 – фильтрующий материал; 3 – направление течения газа. β_c ; β_g – коэффициенты массоотдачи при жидкой и газовой фазах, $\text{кмоль} / \text{м}^2 \cdot \text{с}$; δ_ϕ – толщина фильтрующего материала, мм; $\delta_{пл}$ – толщина плёночного слоя рабочей жидкости, мм.

Рис.2. Схема контакта плёночного слоя и капли жидкости с газовым потоком

Следующие расчетные уравнения были построены с использованием расчетной схемы, кг;

$$\sum M_c = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_r) \cdot \Delta c \cdot F_{\text{вм}} \quad (1)$$

где β_1 – коэффициент массоотдачи, кмоль/м²·с; β_2 – коэффициент массоотдачи в ванне жидкости, кмоль/м²; β_3 – коэффициент массоотдачи в газовой фазе, кмоль/м².

Для определения общего количества переходящего вещества в роторно-фильтрующем устройстве были использованы существующие законы и уравнения, и было составлено рабочее уравнение следующего вида, кг:

$$\sum M = \left(\frac{0,0021 \cdot \text{Re}_c^{0,75} \cdot (\text{Pr}_c)^{0,5} \cdot D_c}{\delta_{\text{пл}}} + \frac{2(1 + 0,276 \cdot \text{Re}_r^{0,5} \cdot \text{Pr}_r^{0,33}) \cdot D_r}{\frac{\sum d_x^3}{\sum d_c^2}} + \frac{0,27 \cdot \text{Re}_c^{0,33} \cdot (\text{Pr}_c)^{0,34} \cdot D_c \cdot \sigma}{P_r} \right) \cdot \Delta c \cdot F_{\text{вм}} \quad (2)$$

Определение толщины пленки жидкости $\delta_{\text{пл}}$ является сложным и требует различных отклонений, поэтому было составлено уравнение и в уравнение введено отношение активной поверхности фильтрующего материала к пассивной поверхности. Тогда уравнение для определения толщины пленки можно записать в следующем виде, мм;

$$\delta_{\text{пл}} = \Delta k \frac{S_{\text{акт}}}{S_{\text{пас}}} \sqrt{\frac{L_{\text{эф}} \cdot \Gamma}{r_p \cdot \rho_c \cdot \omega_p^2}} \quad (3)$$

где L – длина пути движущей плёнки, м; r – радиус рабочей поверхности ротора, м; ω – радиальная скорость ротора, 1/с; $S_{\text{акт}}$ – активная поверхность фильтрующего материала, м²; $S_{\text{пас}}$ – пассивная поверхность фильтрующего материала, м²; Δk – поправочный коэффициент, определяется опытным путём.

В соответствии с конструкцией и гидродинамикой экспериментальной установки было составлено следующее уравнение для расчета времени контакта потоков в ротор-фильтрующем аппарате.

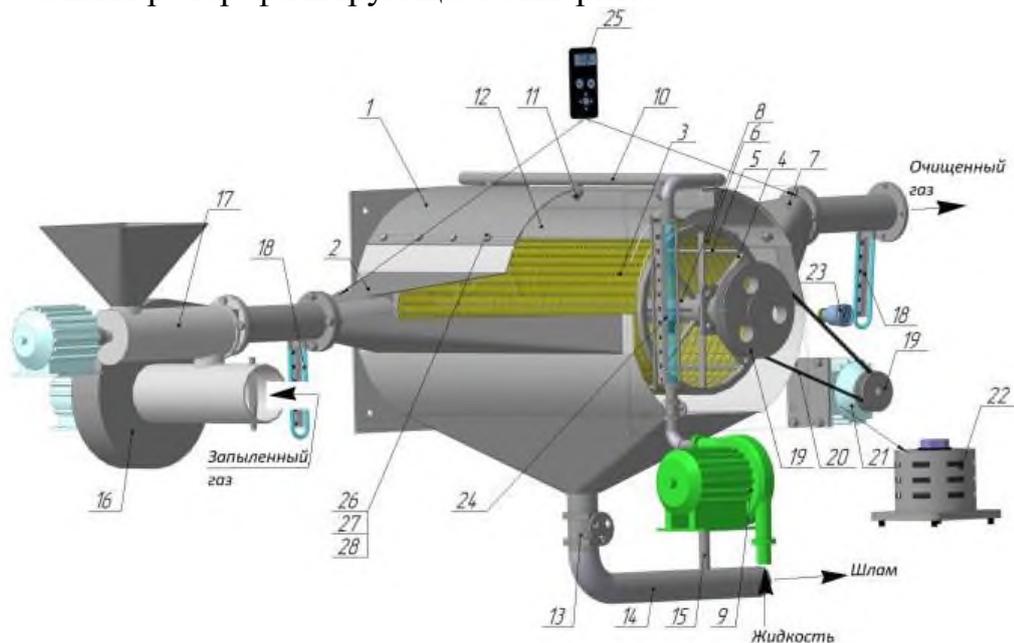
$$\tau = \frac{L}{\left(\frac{d}{D}\right) \cdot \vartheta_k} \cdot \zeta_{\text{иш}} \quad (4)$$

где L – длина пути газового потока, м; $d_{\text{ф}}$ – диаметр фильтрующей отверстий, м; D – диаметр барабана, м; ϑ_k – скорость газового потока при входе в аппарат, м/ч, $\zeta_{\text{иш}}$ – коэффициент сопротивления рабочей поверхности аппарата, определяется экспериментальным путём.

Кроме этого, были отобраны образцы запыленных газов для опытов и проведены лабораторные анализы физико-химических свойств газов. При определении эффективности очистки и затрат энергии аппарата была использована исследовательская работа К.Т. Semgau.

В третьей главе диссертации «**Методы проведения и результаты экспериментальных исследований в ротор-фильтрующем аппарате**» разработана программа экспериментальных исследований для проверки результатов теоретических исследований и обоснования параметров,

определяющих высокую эффективность очистки при низких энергопотреблениях ротор-фильтрующего аппарата.



1 – корпус аппарата; 2 – диффузор; 3 – фильтрующий материал; 4, 5 – стержень; 6 – металлическая сетка; 7 – конфузор; 8 – вал; 9 – насос; 10 –потрубок для подвода жидкости; 11 – штуцер; 12 – зонт; 13 – кран; 14 – потрубок для выгрузки шлама; 15 – потрубок для регулировки уровней; 16 – вентилятор; 17 –шнековый питатель; 18 – Потрубок Прандтля; 19 – шкив; 20 – ремень; 21 – электромотор; 22 – ЛАТР; 23 – тахометр; 24 – ротометр; 25 – электронный манометр JM-510; 26,27,28 – болт, гайки и шайбы.

Рис.3. Общий вид экспериментального аппарата

Абсорбент для очистки фтороводородных и аммиачных газов отобран по ГОСТ 5100-85 и ГОСТ 5100-89, а лабораторные анализы проведены микроскопическим методом. Согласно анализу для очистки фтороводородного газа использован 10%, 20% и 30% водный раствор технической соды, а для очистки газы аммиака - 15%, 25% закисленный раствор аммиачной селитры в азотной кислоте. Проведены экспериментальные исследования по определению толщины пленки выбранных абсорбентов, образующихся на фильтрующей поверхности роторно-фильтрующего аппарата, влияния толщины пленки на коэффициент массоотдачи и на эффективность очистки. В исследованиях в качестве переменных факторов были приняты следующие значения: расход абсорбента $Q_c=0,068 \div 0,180$ м³/ч, диаметр отверстия штуцера $d_{шт}=1$ мм; 2 мм ва 3 мм, скорость газа $v_r=5,0 \div 30,0$ м/с с шагом 5 м/с, диаметр отверстие фильтрующего материала $d_{ф}=2$ мм; 3 мм ва 4 мм. Наружная температура для системы газа и воды была выбрана равной $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Эксперименты проводились в трех этапах.

На первом этапе определена толщина плёнки абсорбционной жидкости образующихся на рабочей поверхности ротора. Результаты экспериментов представлены на рисунках 4 и 5.

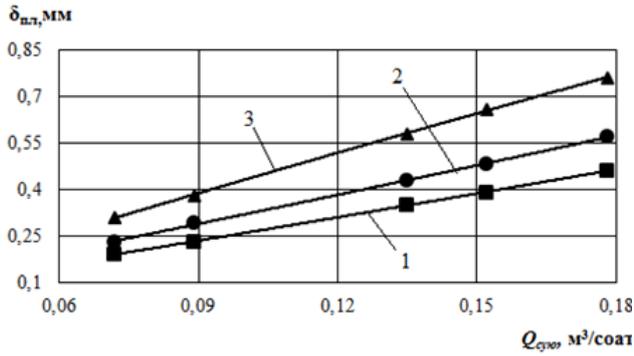


Рис.4. Зависимость изменения толщины плёнки от расхода жидкости: диаметр отверстия штуцера $d_{шт}=3$ мм; расход жидкости $Q=0,072\div 0,178$ м³/ч; 1 – 10% водный раствор технической соды (Na₂CO₃); 2 – 20% водный раствор технической соды (Na₂CO₃); 3 – 30% водный раствор технической соды (Na₂CO₃);

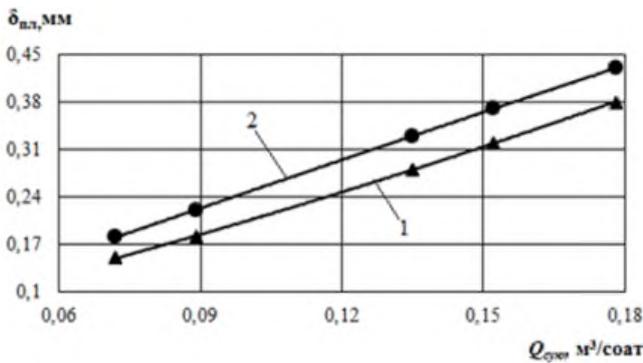


Рис.5. Зависимость изменения толщины плёнки от расхода жидкости: диаметр отверстия штуцера $d_{шт}=3$ мм; расход жидкости $Q=0,072\div 0,178$ м³/ч; 1 – 15 % закисленный раствор аммиачной селитры (NH₄NO₃); 2 – 25 % закисленный раствор аммиачной селитры (NH₄NO₃);

Как видно на рис. 4, при 10 %, 20 % и 30 % водных растворах технической соды для меньшего расхода абсорбента толщина плёночного слоя наблюдалось изменение в интервале $\delta_{пл}=0,10\div 0,17$ мм, то в больших значениях расхода абсорбента толщины плёнки увеличилась с $\delta_{пл}=0,25$ мм до $\delta_{пл}=0,75$ мм.

Как видно на рис. 5, при 15 % и 25 % растворах закисленного раствора аммиачной селитры толщина плёнки жидкости для меньшего расхода абсорбента изменилась между значениями $\delta_{пл}=0,15\div 0,38$ мм, а для наибольшего расхода абсорбента толщина плёнки увеличилась с $\delta_{пл}=0,17$ мм до $\delta_{пл}=0,44$ мм.

Можно сделать вывод, что увеличение концентрации технической соды в выбранном абсорбенте и увеличение концентрации аммиачной селитры в азотной кислоте увеличивает вязкость абсорбента и толщину пленки. Но при этом увеличивается и гидравлическое сопротивление в устройстве. Известно что изменение диаметра фильтрующего отверстия, в роторе аппарата, влияет на толщину образующейся пленки и ее прочность. Однако, это приводит к увеличению эффективности очистки устройства.

На втором и третьем этапах исследовано влияние плёночного слоя образующихся на фильтрующей поверхности ротора на коэффициент массоотдачи и эффективность очистки аппарата. Результаты экспериментов приведены в таб. 1.

Также, на ниже показанных графиках приведены влияние переменных факторов на коэффициенты массоотдачи в газовой фазы.

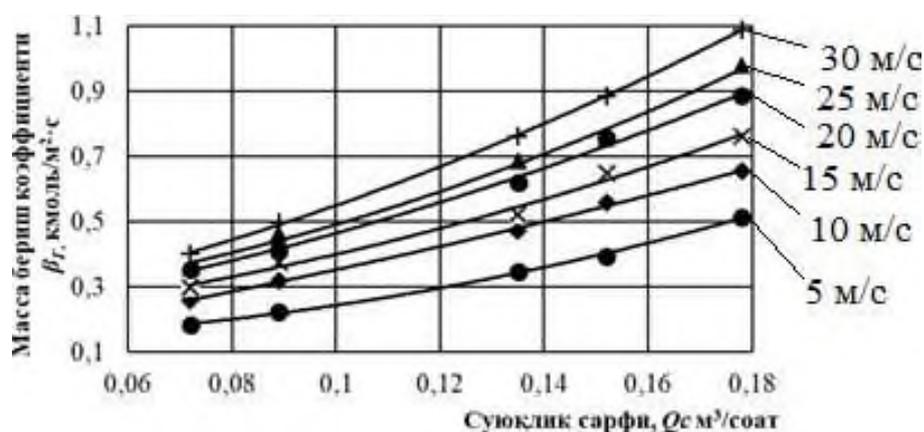


Рис.6. Зависимость изменения коэффициента массоотдачи от расхода жидкости: $d_{ш}=3\text{ мм}$; $d_{ф}=2\text{ мм}$; жидкость – 30 % водный раствор технической соды.

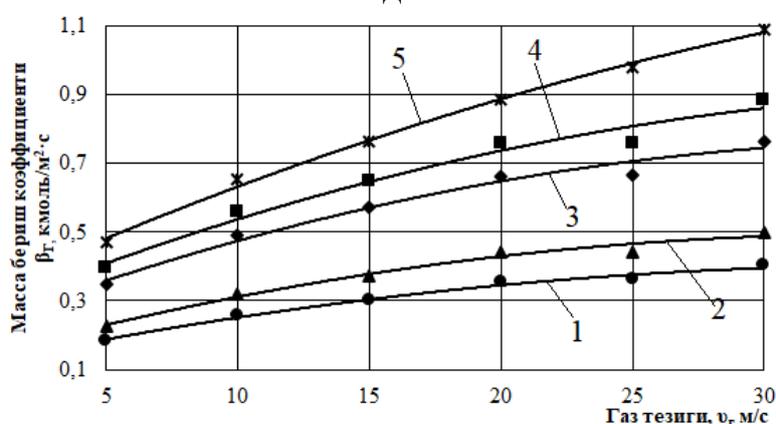


Рис.7. Зависимость изменения коэффициента массоотдачи от скорости газа: Очищаемый газ – водород фторид. $d_{ф}=2\text{ мм}$; $d_{ш}=3\text{ мм}$; 1 – $Q_{сую}=0,072\text{ м}^3/\text{соат}$; 2 – $Q_{сую}=0,089\text{ м}^3/\text{соат}$; 3 – $Q_{сую}=0,135\text{ м}^3/\text{соат}$; 4 – $Q_{сую}=0,152\text{ м}^3/\text{соат}$; 5 – $Q_{сую}=0,178\text{ м}^3/\text{соат}$.

Из рисунка 6 видно что, при диаметре отверстия штуцера $d_{ш}=3\text{ мм}$, при расходе жидкости $Q_{сую}=0,072 \div 0,178\text{ м}^3/\text{ч}$ и в скорости газа $v_G = 5\text{ м/с}$ значение коэффициента массоотдачи определено в интервале $\beta_G = 0,184 \div 0,402\text{ кмоль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$. Значение коэффициента массоотдачи увеличилось от $\beta_G = 0,515\text{ кмоль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ до $\beta_G = 1,09\text{ кмоль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ при увеличении скорости газа на $v_G = 30\text{ м/с}$.

Из рисунка 7 видно что, при диаметре фильтрующего материала (паронит) $d_{ф}=2\text{ мм}$ и при диаметре отверстия штуцера $d_{ш}=3\text{ мм}$, в скорости очищаемого газа $v_G = 5\text{ м/с}$ значение коэффициента массоотдачи изменилось в интервале $\beta_G = 0,184 \div 0,471\text{ кмоль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$. Значение коэффициента массоотдачи увеличилось от $\beta_G = 0,402\text{ кмоль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ до $\beta_G = 1,09\text{ кмоль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ при максимальной скорости очищаемого газа $v_G = 30\text{ м/с}$.

Таблица 1

Абсор- -бент	Диаметр фильтрующего отверстия, $d_{\phi}=2\text{мм}$			Диаметр фильтрующего отверстия, $d_{\phi}=3\text{мм}$			Диаметр фильтрующего отверстия, $d_{\phi}=4\text{мм}$		
	$\delta_{\text{пл}}$, мм	β_1 , кмоль /м ² ·с	η , %	$\delta_{\text{пл}}$, мм	β_1 , кмоль /м ² ·с	η , %	$\delta_{\text{пл}}$, мм	β_1 , кмоль /м ² ·с	η , %
Очистка фтористого водорода с водным раствором технической соды, 0,068-0,0160									
10%	0,17	0,0260	66,71	0,11	0,0220	59,34	0,08	0,0210	55,06
	0,41	0,0608	92,57	0,27	0,0510	86,46	0,20	0,0486	79,81
20%	0,22	0,0285	72,74	0,14	0,0241	63,21	0,10	0,0230	55,06
	0,51	0,0659	95,02	0,33	0,0559	89,97	0,25	0,0533	85,04
30%	0,28	0,0304	77,68	0,21	0,0257	72,27	0,15	0,0245	59,34
	0,67	0,0704	98,28	0,50	0,0596	95,02	0,37	0,0569	89,97
Очистка газы аммиака с закисленным раствором аммиачной селитры									
15%	0,14	0,00105	63,21	0,09	0,00089	57,25	0,07	0,00085	53,23
	0,34	0,00245	87,77	0,22	0,00209	83,30	0,16	0,00201	80,01
25%	0,16	0,00113	78,98	0,10	0,00096	73,28	0,07	0,00092	69,27
	0,38	0,00264	97,45	0,25	0,00225	95,53	0,28	0,00217	93,85
Очистка фтористого водорода с водным раствором технической соды, 0,071-0,168									
10%	0,18	0,0271	69,88	0,12	0,0229	63,21	0,09	0,0219	59,34
	0,43	0,0638	93,91	0,28	0,0529	90,92	0,21	0,0511	87,75
20%	0,23	0,0345	69,88	0,14	0,0251	89,97	0,10	0,0240	59,34
	0,54	0,0757	93,91	0,35	0,0591	91,79	0,26	0,0565	88,91
30%	0,29	0,0317	79,81	0,19	0,0268	72,27	0,14	0,0255	63,21
	0,71	0,0746	97,87	0,46	0,0631	96,31	0,34	0,0602	89,97
Очистка газы аммиака с закисленным раствором аммиачной селитры									
15%	0,14	0,00109	66,04	0,09	0,00093	59,74	0,06	0,00089	55,51
	0,36	0,00259	92,26	0,24	0,00218	88,58	0,18	0,00157	85,77
25%	0,17	0,00118	80,79	0,11	0,00100	75,34	0,12	0,00076	71,63
	0,40	0,00279	98,34	0,26	0,00238	96,98	0,28	0,00189	95,71
Очистка фтористого водорода с водным раствором технической соды, 0,72-0,178									
10%	0,19	0,0275	69,88	0,13	0,0232	63,21	0,10	0,0222	59,34
	0,46	0,0676	95,02	0,30	0,0585	91,79	0,22	0,0540	88,91
20%	0,23	0,0349	75,34	0,15	0,0254	66,71	0,11	0,0243	61,32
	0,57	0,0851	96,66	0,38	0,0619	92,57	0,28	0,0592	92,57
30%	0,31	0,0321	79,81	0,20	0,0271	72,27	0,15	0,0258	63,21
	0,76	0,0782	97,87	0,50	0,0661	96,31	0,37	0,0629	89,97
Очистка газы аммиака с закисленным раствором аммиачной селитры									

15%	0,15	0,00111	67,69	0,10	0,00094	61,71	0,07	0,00090	57,68
	0,38	0,00275	97,52	0,25	0,00231	96,04	0,18	0,00222	94,49
25%	0,18	0,00120	80,79	0,11	0,00101	75,34	0,08	0,00097	71,63
	0,43	0,00296	98,34	0,28	0,00249	96,98	0,21	0,00224	95,71

Как видно на таб. 1, при наименьшем расходе выбранного абсорбента для фтористого водорода толщина плёнка изменилась с $\delta_{пл} = 0,17\text{мм}$ до $\delta_{пл} = 0,41\text{мм}$, то при наибольшем расходе абсорбента наблюдалось увеличение толщина плёнки с $\delta_{пл}=0,31\text{мм}$ до дан $\delta_{пл}=0,76\text{мм}$. Также, при наименьшем расходе абсорбента выбранного для газов аммиака толщина плёночного слоя изменилась в интервале $\delta_{пл} = 0,14\text{мм} \div 0,34\text{мм}$, но при наибольшем расходе абсорбента тощина плёнки увеличилась с $\delta_{пл}=0,18\text{мм}$ до $\delta_{пл}=0,43\text{мм}$.

В четвертой главе диссертации «**Промышленное применение пылегазоулавливающего ротор-фильтрующего аппарата и оценка его экономической эффективности**» на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны предварительные требования и техническое задание на ротор-фильтрующий аппарат мокрой очистки запыленных газов на основании которых проведены экспериментальные испытания в цехе производства суперфосфат АО «Farg'onaazot». Аппарат был установлен на сети смесительных реакторов на технологической линии производства суперфосфата.

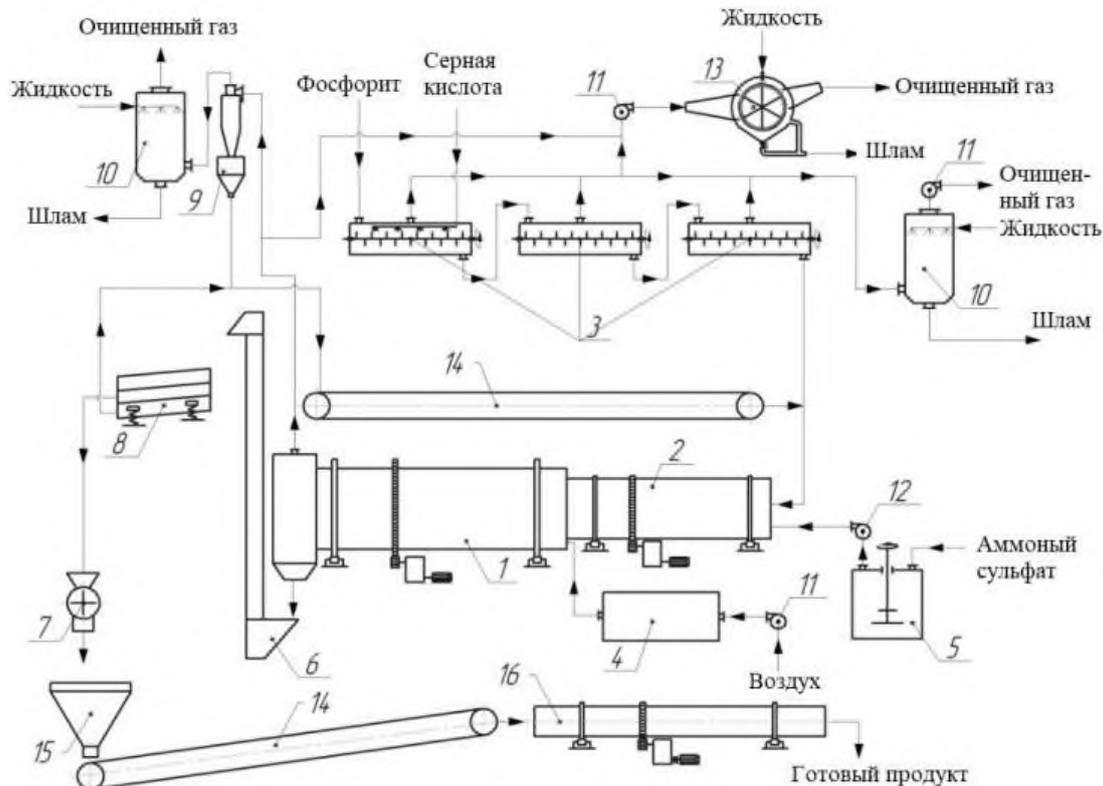


Рис.6. Технологическая линия производство суперфосфата

1 – сушильный барабан; 2 –грануляционный барабан; 3 – горизонтальный смесительный реактор; 4 – калорифер; 5 – вертикальный смесительный реактор; 6 – ковшовый элеватор; 7 – молотковая дробилка; 8 – сито; 9 –

Циклон НИОГАЗ; 10 –скруббер;11 – вентилятор; 12 – насос; 13 – ротор-фильтрующий аппарат; 14 – конвейер; 15 –бункер с питателем; 16 – охладитель

При проведении промышленных испытаний были выбраны следующие параметры: диаметр отверстия фильтрующего материала (паронит) $d_{\Phi} = 2$ мм; $d_{\Phi} = 3$ мм и $d_{\Phi} = 2$ мм, диаметр отверстия распылительного штуцера $d_{ш} = 1$ мм; $d_{ш} = 2$ мм и $d_{ш} = 3$ мм, скорость газа в аппарате $v_{г} = 5,0 \div 30,0$ м/с, расход подачи жидкости в аппарат $Q_{сую} = 0,068 \div 0,178$ м³/час. Температура окружающей среды составляла 20 ± 2 °С, температура запыленного газа, выходящего из смесительных реакторов, была выбрана равной $65 \div 80$ °С и давление равное 2 атм.

Учитывая многофакторный характер экспериментов, был использован метод математического планирования для определения эффективности очистки и энергопотребления устройства. В соответствии с ним было определено, что выбранные в качестве переменных диаметр отверстия фильтрующего материала (X_1), диаметр штуцера (X_2), расхода жидкости (X_3), скорость газа (X_4) являются наиболее важными факторами, влияющие на эффективность очистки и энергопотребление аппарата. В качестве определяемых критериев были приняты эффективность очистки (Y_1) и потребляемая энергия (Y_2). Эксперименты проводились на основе плана ДФЭ, предполагая, что вторичный полином полностью характеризует влияние переменных на определяемые критерии.

Уравнения регрессии решены для очистки фтористого водорода и газов аммиака определять факторы, влияющие на исследуемые процессы, то есть эффективность очистки и оптимальные значения затрат энергии аппарата. Согласно требованиям ГОСТ 12.1.007-76 и ГОСТ 12.1.005-88 принято условие эффективности очистки от фтороводородных газов 98,6 % и эффективности очистки от аммиачных газов выше 98,3 %. Эта задача была решена в программе EXM Microsoft Excel, получены допустимые значения переменных факторов в кодированном виде, а кодированные значения переведены в натуральные значения.

Таблица 2.

Зависимость эффективности очистки фтористого водорода и затрат энергии аппарата от переменных факторов

№	X_1 $d_{\Phi}, \text{мм}$	X_2 $d_{ш}, \text{мм}$	X_3 $Q_{сую},$ $\text{м}^3/\text{соат}$	X_4 $v_{г}, \text{м/с}$	Y_1 $\eta, \%$	Y_2 $K_{у},$ $\text{кЖ}/1000\text{м}^3$
1	2	1	0,123	5	99,75	115,8
2	2	3	0,178	5	99,99	6,9
3	4	3	0,178	5	99,99	4,9
4	4	1	0,068	5	96,98	2,6
5	2	3	0,178	15	99,32	39,2
6	4	3	0,178	30	97,26	173,3

7	3	2	0,123	5	99,77	4,9
8	3	2	0,123	15	96,31	24,6

Таблица 3.

Зависимость эффективности очистки газа аммиака и затрат энергии аппарата от переменных факторов

№	X ₁ Q _{сухо} , м ³ /соат	X ₂ v ₂ , м/с	X ₃ d _ш ,мм	X ₄ d _ф ,мм	Y ₁ η, %	Y ₂ K _у , кЖ/1000м ³
1	0,160	5	1	2	97,45	1,5
2	0,168	5	2	2	97,89	1,54
3	0,152	5	3	2	97,04	1,5
4	0,178	5	3	2	98,34	1,6
5	0,178	5	3	3	96,98	1,2
6	0,178	5	3	4	95,71	1,0
7	0,168	5	2	3	96,23	1,4
8	0,147	5	2	2	96,59	1,44

Эффективность очистки аппарата от фтористого водорода определяется следующим уравнением регрессии, %

$$Y_1 = 98,626 - 0,789X_1 - 0,492X_2 - 0,690X_3 - 0,304X_4 - 0,492X_1X_3 - 0,789X_2X_3 + 0,0404X_3X_4 \quad (5)$$

Энергия, затрачиваемая в аппарате для очистки фтористого водорода определяется по следующему уравнению регрессии, кЖ/1000 м³

$$Y_2 = 46.210 + 5.218X_1 - 37.068X_2 - 0.8937X_3 - 0.89375X_4 - 37.068X_1X_3 + 5.218X_2X_3 + 46.210X_3X_4 \quad (6)$$

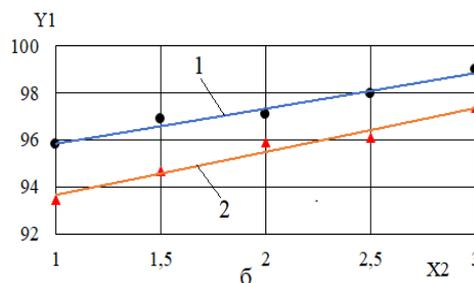
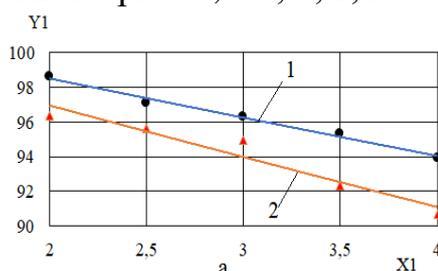
Эффективность очистки аппарата от газов аммиака определяется следующим уравнением регрессии, %

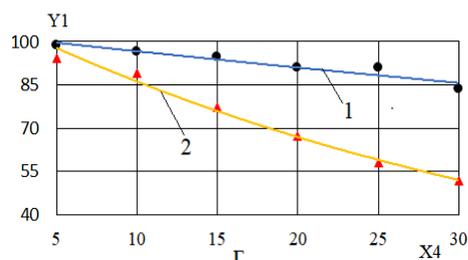
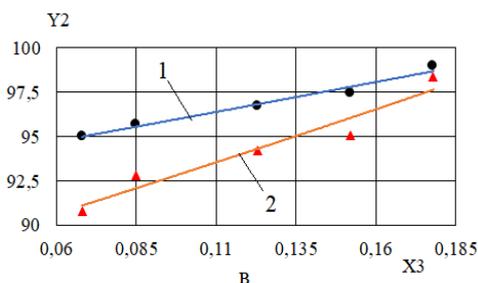
$$Y_1 = 97.78 + 0,029X_1 - 0,163X_2 + 0,295X_3 + 0,295X_4 + 0,295X_1X_2 - 0,020X_1X_3 - 0,020X_1X_4 \quad (7)$$

Энергия, затрачиваемая в аппарате для очистки газов аммиака определяется следующим уравнением регрессии, кЖ/1000 м³

$$Y_2 = 45.96 - 0,006X_1 + 0,26X_2 - 0,024X_3 - 0,024X_4 - 0,0242 X_1X_2 + 0,0325X_1X_3 + 0,0325X_1X_4 \quad (8)$$

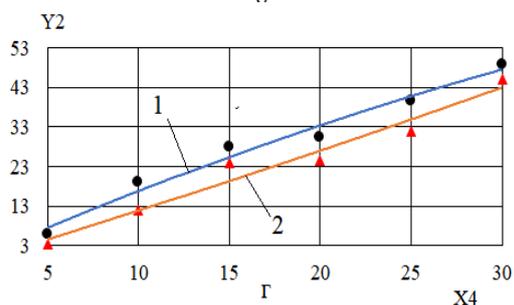
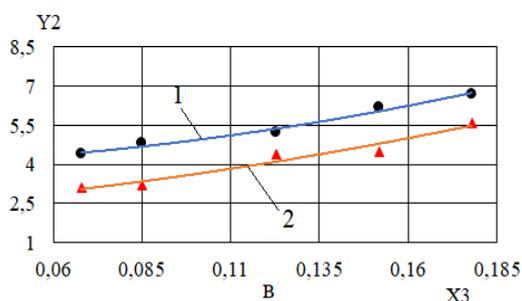
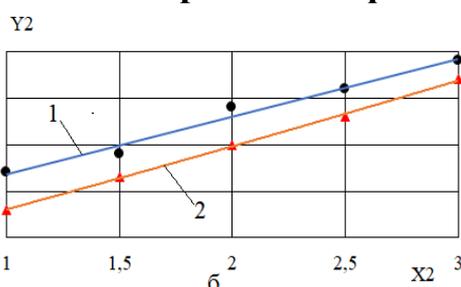
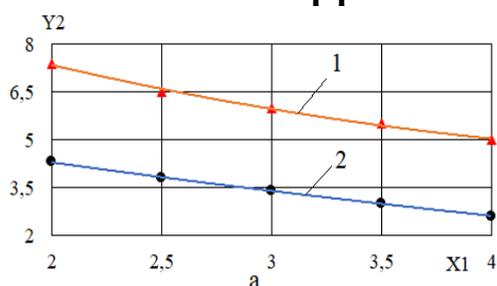
С использованием уравнений регрессии полученных при очистке фтороводородного и аммиачного газов построены графики зависимости эффективности очистки и энергозатрат от переменных факторов. Результаты представлены на рис. 7; 8 а, б, в, г.





1—для газа фтористого водорода при 30% растворе технической соды; 2— для газа аммиака при 25% закисленном растворе аммиачной селитры; *a* — зависимость эффективности очистки от диаметра отверстия фильтрующего материала; *б* — зависимость эффективности очистки от диаметра штуцера; *в* — зависимость эффективности очистки от расхода жидкости; *г* — зависимость эффективности очистки от скорости газа.

Рис.7. Зависимость эффективности очистки от переменных факторов



1—водород -фторид газа учун техник соданинг 30% эритмасида; 2—аммиак газа учун аммиакли селитранинг нитрат кислотасидаги 25% эритмасида; *a* — зависимость затрат энергии от диаметра отверстия фильтрующего материала; *б* — зависимость затрат энергии от диаметра штуцера; *в* — зависимость затрат энергии от расхода жидкости; *г* — зависимость затрат энергии от скорости газа.

Рис.8. Зависимость затрат энергии от переменных факторов

Таким образом, оптимальные параметры аппарата для процесса очистки фтористого водорода и газов аммиака были записаны следующим образом.

Используя информацию, приведенную выше на рисунках 7, 8, и в таблицы 1, 2 оптимальные параметры экспериментальной установки для процесса очистки фтороводородных газов были установлены стандартными и записаны следующим образом:

- диаметр отверстия фильтрующего материала, $d_{\phi} = 2,0$ мм;
- диаметр отверстия штуцера, $d_{ш} = 1,70$ мм;
- расход жидкости, $Q_{сую} = 0,124$ м³/ч.
- скорость очищаемого газа, $v = 5,00$ м/с.

для очистки аммиака:

- диаметр отверстия фильтрующего материала, $d_{\phi}= 2,0$ мм;
- диаметр отверстия штуцера, $d_{ш}= 3,0$ мм;
- расход жидкости, $Q_{сую}=0,178$ м³/ч.
- скорость очищаемого газа, $v =5,0$ м/с.

При этих значениях переменных факторов энергопотребление экспериментальной установки составило 5,9 кВт/ч, а эффективность очистки составила 98,62%. Результаты, полученные в экспериментах, полностью удовлетворили технические требования, предъявляемые к данному типу аппаратов.

Экономические расчеты показывают, что промышленное применение роторно-фильтрующего аппарата мокрой газоочистки повышает эффективность очистки на 3,6% по сравнению с существующим аппаратом, на очистку 1 м³ газовой смеси расходуется в 2,5 раза меньше жидкости, в результате чего получена экономическая эффективность в размере 644,3 млн. сум в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ

1. Определены оптимальные конструктивные размеры пылегазоулавливающего ротор-фильтрующего аппарата.

2. С целью изучения процесса массообмена в экспериментальном аппарате была разработана расчетная схема аппарата для теоретического обоснования эффективности очистки и энергозатрат аппарата.

3. 30 % водный раствор кальцинированной технической соды для улавливания газообразного фтороводорода и 25 % раствор нитрата аммония в азотной кислоте для улавливания газообразного аммиака оказались оптимальными абсорбентами.

4. Исследован массообменный процесс в аппарате и изучено его влияние на эффективность очистки и энергопотребление.

5. Определены коэффициенты массоотдачи в газовой и жидкостной фазах при разных значениях диаметров отверстия фильтрующего материала и в разных значениях расхода жидкости и газа.

6. Показано изменение коэффициентов массоотдачи в зависимости от скорости входящего запыленного газа в аппарат и расхода жидкости.

7. При расходе очищаемого газа $v=5$ м/с и расходе жидкости $Q_{сую}=0,178$ м³/час значение эффективности очистки аппарата составило $\eta=98,34$ %. Эти значения расхода жидкости и скорости очищаемого газа приняты оптимальными.

8. Экспериментальные исследования проводились в цехе производства суперфосфатных минеральных удобрений завода АС-72М АО «Ферганазот». Годовая экономическая эффективность реализации составляет 644,3 млн. сум.

**ONE SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF THE SCIENTIFIC
COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.04.01.AT ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
AT THE TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

FERGANA POLYTECHNIC INSTITUTE

AKHROROV AKMALJON AKRAMJON OGLI

**STUDY MASS TRANSFER PROCESS IN ROTARY-FILTER APPARATUS
FOR CLEANING DUST AND GASESS**

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

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

Tashkent – 2023

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 B2022.1.PhD/T2616.

The dissertation has been carried out at the Fergana polytechnic institute.

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

Scientific consultant:

Tojiyev Rasuljon Jumaboyevich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Abdullayev Alisher Shonazarovich
associate professor of technical sciences

Leading organization:

Tashkent State Technical University
named after Islam Karimov

Defense will take place «29» 07 2023 at 11⁰⁰ at the meeting of scientific council number 14.07.2018.T.08.01 at Tashkent chemical-technological institute to address: 100011, Uzbekistan, Tashkent, A. Navoi str.,32. Ph.: (99871) 244-79-21; fax: (99871) 244-7917; e-mail: tkti_info@mail.ru.

The dissertation has been registered at the Information Resource Center of the Tashkent chemical technological Institute № 510 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 " 24 06 2023 year. Protocol at the register № 289 dated « 24 » 06 2023 year.



S.M.Turobjonov
Chairman of scientific Council for the
Award of the scientific Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

X.I. Kadirov
Scientific Secretary of the Scientific Council
for the Award of the scientific Degrees,
Doctor of Technical Sciences, professor

K.P.Serkayev
Chairman of the Scientific Seminar at the
Scientific Council for the Award of the scientific Degrees,
doctor of chemical sciences, professor

Introduction (abstract of philosophy doctor (PhD) dissertation)

The purpose of the research is to improve the efficiency of the rotor-filter apparatus for cleaning industrial dust and gases and to intensify the mass exchange process in it.

The object of the study is hydrogen fluoride and ammonia gases formed during the production process of mineral fertilizers in JSC "Ferganaazot", as well as wet type dusty gases cleaner apparatus.

The scientific novelty of the research is as follows:

the influence of the size of the holes of the filter drum on the mass exchange process and the cleaning efficiency of the device was determined;

the effect of changing the purified gas flow speed to the device on the efficiency of mass supply and purification was proven;

mass transfer coefficients in liquid and gas phases were determined;

based on the influence of changes in the concentration of technical soda in the absorbent for cleaning hydrogen fluoride gas and the increase in absorbent consumption on mass transfer coefficients;

the rotor-filter device for cleaning industrial dust and gases has been improved by increasing the cleaning efficiency and accelerating the mass exchange process.

Implementation of research results. Based on the results of ensuring high cleaning efficiency with low energy consumption in industrial dust and gas cleaning equipment:

the rotor-filter apparatus was introduced to the superphosphate production department at the AS-72M workshop of JSC "Ferganazot" (STATE COMMITTEE FOR ECOLOGY AND ENVIRONMENT PROTECTION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN dated September 9, 2022y. Reference number 04-02/7-1785). As a result, the chemical industry cleaned dusty gases up to 98.6% in a wet method and allowed to reduce the concentration of hydrogen fluoride gas to 8.4 mg/m³.

Gas purification technology by impregnating hydrogen fluoride with soda water and an aqueous solution of sodium hydroxycarbonate was put into production at "Fergonazot" JSC (STATE COMMITTEE FOR ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN dated September 9, 2022y. Reference number 04-02/7-1785). As a result, the rotating filter made it possible to effectively clean gases by optimizing the extraction characteristics of the device.

The structure and scope of the thesis. The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of sources used. And applications. The main text materials are 120 pages long.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Ахроров А.А., Тожиев Р.Ж. Захарли чиқинди газларнинг физик-кимёвий хоссаларини таҳлили ва уларни самарали тозаловчи ротор–фильтрли аппаратни қўллаш // Фарғона политехника институтининг илмий-техник журнали. – Фарғона, 2020. – №2. – Б. 217–218. (05.00.00; №20)
2. Akhrorov A.A. Study of mass taransfer process in rotary – filter gas cleanaer // Austrian journal of technical and natural science, Vienna, 2021. – № 11 – 12. – P.3 – 19. (02.00.00; №2)
3. Ахроров А.А., Тожиев Р.Ж., Исомидинов А.С. Гидродинамика поверхностно–контактного элемента ротор–фильтрующего пылеуловителя // Universum.–Москва, 2020.–№ 8 (77). –С.10 –16. (02.00.00; №1)
4. Ахроров А.А., Тожиев Р.Ж. Газ – суюқлик тизимида фазалар чегаравий қатламлари ва масса бериш тенгламаларини таҳлили // Фарғона политехника институтининг илмий-техника журнали. – Фарғона, 2020. –№5. – Б. 177–179. (05.00.00; №20)
5. Ахроров А.А., Тожиев Р.Ж. Чангли газларни ҳўл усудда тозаловчи ротор-фильтрли аппаратдаги фазалар контакт юзалари ва масса алмашиниши ҳисоблаш тенгламаларининг таҳлили // Фарғона политехника институтининг илмий-техника журнали. – Фарғона, 2020. – №4. – Б. 199–202. (05.00.00; №20)
6. Ахроров А.А., Тожиев Р.Ж., Исомидинов А.С., Туйчиева Ш.Ш. Анализ дисперсного состава фосфоритной пыли и свойства выбросных фтористых газов при производстве суперфосфатных минеральных удобрений // Universum.–Москва, 2021.–№ 3 (84).–С. 44-51. (02.00.00; №1)
7. Ахроров А.А., Тожиев Р.Ж., Исомидинов А.С., Сулаймонов А.С. Выбор оптимального абсорбента для очистки водородно-фтористого газа в роторно–фильтровальном аппарате и исследование эффективности аппарата // Universum.–Москва, 2021.–№ 6 (84).–С. 68-73. (02.00.00; №2)
8. Ахроров А.А., Тожиев Р.Ж., Исомидинов А.С., Мамаризаев И.М. Выбор фильтрующего материала и анализ расчетных уравнений массообменного процесса в роторном–фильтрующим аппарате // Universum.–Москва, 2021.–№ 5 (86).–С. 22-26. (02.00.00; №1)
9. Ахроров А.А., Тожиев Р.Ж., Исомидинов А.С. Исследование пленочного слоя на рабочей поверхности роторно-фильтрующего аппарата // Universum.–Москва, 2021.–№ 7 (88).–С. 42-48. (02.00.00; №1)
10. Ахроров А.А., Исомидинов А.С. Мўйдинов А.А., И.М.Мамаризаев. Ротор-фильтрли курилмада гидравлик қаршиликнинг тозалаш самарадорлигига таъсирини тадқиқ этиш // Инновацион ғоялар, ишланмалар амалиётга: муаммолар ва ечимлар. Халқаро илмий-амалий анжуман. Андижон – 2020. – Б.- 29-35.

II бўлим (II часть; II part)

11. Ахроров А.А., Газларни ҳўл усулда тозалаш жараёнида ишчи суюқлик томчиларидаги масса бериш коэффициентини ҳисоблаш тенгламаларининг таҳлили // Техник ва технологик фанлар соҳаларининг инновацион масалалари. Халқаро илмий-техник анжуман. – Термиз, 2020. – С.92-93.
12. Ахроров А.А., Мамаризаев И.М. Суюқлик плёнка қатламидаги масса бериш коэффициентларини ҳисоблаш тенгламаларининг таҳлили // Иқтидорли талабалар, магистрлар, докторантлар ва мустақил изланувчилар. – Фарғона, 2020. – Б. 649-651.
13. Ахроров А.А., Газ ва суюқлик томчиси таъсирлашувидаги масса бериш жараёнини таҳлили // Иқтидорли талабалар, магистрлар, докторантлар ва мустақил изланувчилар. – Фарғона, 2020. – Б-652-653.
14. Ахроров А.А., Исследование слоя плёнки закисленного раствора аммиачной селитры // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. -Яраславль, 2022.-С. 319-322.
15. Ахроров А.А., Исследование массообменного процесса при мокрой очистке газов в роторно–фильтрующем аппарате // Universum.–Москва, 2022.–№ 4 (97).– С. 23-30. (02.00.00; №1)
16. Ахроров А.А., Исследование слоя плёнки водного раствора технической соды на рабочей поверхности роторного фильтрующего аппарата // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. -Яраславль, 2022.-С. 323-326.
17. Ахроров А.А., Абдулазизов А.А. Ротор–фильтрли курилмада масса алмашиниш жараёнини тадқиқ этиш // Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги — озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари. – Тошкент, 2022.-Б.117-118.
18. Ахроров А.А., Анализ физико-химических свойств абсорбентов для очистки отходящих и вторичных газов при производстве минеральных удобрений // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. -Яраславль, 2022.-С. 314-318.
19. Ахроров А.А., Учет толщины слоя жидкости, образующейся на рабочей поверхности роторно-фильтрующего аппарата // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. -Яраславль, 2022.-С. 190-192
20. Ахроров А.А., Газларни ҳўл усулда тозаловчи ротор–фильтрли курилмада суюқлик фазадаги масса алмашиниш жараёнини тадқиқ этиш // Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги — озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари. – Тошкент, 2022.-Б.154-155.
21. Ахроров А.А., Газларни ҳўл усулда тозаловчи ротор–фильтрли курилманинг тозалаш самарадорлигига ўзгарувчи омиллар таъсирини тадқиқ этиш // Фан, таълим ва техникани инновацион ривожлантириш масалалари. Халқаро илмий - амалий онлайн анжуман. -Андижон, 2022. -Б.326-329.

22. Ахроров А.А., Муҳаммаджонов А.Д. Ротор-фильтрли тажриба қурилмаси тозалаш самарадорлигига таъсир этувчи ўзгарувчи омилларнинг мақбул қийматларини аниқлаш // Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов.— Ташкент,2022. —С.214-215.

Автореферат «Кимё ва Кимёвий технологияси» журнали таҳририятида қилинди.

Бичими 60x84¹/₁₆. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табоғи: __. Адади __. Буюртма № ____.

Гувоҳнома reestr № _____
“Тошкент кимё технология институти” босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.

