

**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**

КАРИМОВ ИКРОМАЛИ ТОЖИМАТОВИЧ

**«СУЮҚЛИК-СУЮҚЛИК-ГАЗ» ТИЗИМЛИ ГЕТЕРОГЕН МУҲИТЛАРГА
ИШЛОВ БЕРУВЧИ ҚУРИЛМАЛАР ЯРАТИШ ВА КИМЁ САНОАТИДА
ҚЎЛЛАШ**

**02.00.16 - «Кимё технологияси ва озик овқат ишлаб чиқариш жараёнлари
ва аппаратлари»**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент - 2021

Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)
Content of the abstract of dissertation doctor of science(DSc)

Каримов Икромали Тожиматович

«Сууюклик-Сууюклик-Газ» тизимли гетероген мухитларга ишлов берувчи қурилмалар яратиш ва кимё саноатида қўллаш.....3

Каримов Икромали Тожиматович

Разработка и применение в химической промышленности аппаратов для переработки гетерогенных систем «Жидкость -Жидкость-Газ»29

KarimovIkromaliTojimatovich

Development and application in the chemical industry of devices for processing heterogeneous systems «Liquid-Liquid-Gas ».....53

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....57

**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

КАРИМОВ ИКРОМАЛИ ТОЖИМАТОВИЧ

**«СУЮҚЛИК-СУЮҚЛИК-ГАЗ» ТИЗИМЛИ ГЕТЕРОГЕН МУҲИТЛАРГА
ИШЛОВ БЕРУВЧИ ҚУРИЛМАЛАР ЯРАТИШ ВА КИМЁ САНОАТИДА
ҚЎЛЛАШ**

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

**Техника фанлари доктори (DSc)
диссертацияси автореферати**

Тошкент - 2021

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.DSc/Т393 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Фарғона политехника институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме) илмий кенгаш веб саҳифасида ик-китую. Uz манзили бўйича ва ахборот таълим портали “Ziyonet” (www. Ziyonet.uz) да жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Алиматов Баходир Абдуманнонович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оponentлар:

Ғуломов Шухрат Маннопович
техника фанлари доктори, профессор

Худойбердиев Абсалом Абдурасулович
техника фанлари доктори, доцент

Раҳмонов Тойир Зойирович
техника фанлари доктори, доцент

Етакчिताшқилот:

Бухоро муҳандислик-технология институти

Диссертация ҳимояси «26» 06 2021 й. да соат «10» да Тошкент кимё технология институти қошидаги DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 бўйича Илмий кенгаш асосидаги бир марталик Илмий кенгаш мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил 100011. Тошкент шаҳри, Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўчаси, 32 тел: (99871) 244- 79-21, факс (99871) 244-79-17, e-mail tkti: info@mail.ru.

Докторлик диссертацияси Тошкент кимё технология институтининг Ахборот-ресурс марказида № рақам остида рўйхатга олинган бўлиб, АРМда танишишингиз мумкин (100011), Тошкент шаҳри, Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўчаси, 32. Тел: (99871) 244-79-21.

Диссертация автореферати «11» 06 2021 йилда тарқатилган.
(тарқатма баённомаси 2021 й № рақам остида)



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

Х.И. Кадиров
Илмий даража берувчи илмий кенгаш котиби,
т.ф.д., профессор

Қ.О. Долаев
Илмий даража берувчи илмий кенгаш қошидаги
илмий семинар раиси, к.ф.д., профессор

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Бугунги кунда дунё миқёсида суюқлик экстракцияси жараёнлари кимё, нефтни қайта ишлаш, озиқ-овқат, гидрометаллургия, фармацевтика ва бошқа саноат тармоқларида кенг фойдалиниб келинмоқда. Шунинг учун суюқлик фазаларини аралаштиришга инерт газлар оқимини қўллаш орқали, юқори иш унумдорлик ва экстракциялаш қобилиятига эга бўлган жадал ишловчи, ихчам, энергия тежамкор қурилмаларни яратиш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳонда суюқлик экстракцияси жараёнлари учун юқори самарали экстракторларнинг янги конструкцияларини яратиш, суюқлик фазалари контакт юзасини ошириш ва аралаштириш жараёнини жадаллаштириш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, суюқликларга нисбатан кимёвий инерт бўлган сиқилган газ энергиясидан фойдаланиш, суюқлик фазаларининг физик-кимёвий хоссалари бўйича томчиларни майдалаш ва масса алмашилиш моделларини такомиллаштириш, қурилма поғоналарида экстрагент сарфини камайтириш ва барқарорлигини таъминлаш, поғоналар сонини камайтириш, юқори унумли металл ва энергиятежамкор, ихчам, турли суюқликларни экстракциялаш қобилиятига эга бўлган янги туркумдаги экстракторларни яратишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда сўнги йилларда кимё ва озиқ-овқат саноати корхоналарида хомашёни қайта ишлашнинг энергия ва ресурстежамкор технологияларини жорий этиш, халқаро стандарт талаблари асосида маҳсулот ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш ва асортиментини кенгайтириш, суюқлик-суюқлик тизимли гетероген муҳитларда самаралиишловчи технологик жараён ва қурилмаларни яратиш, экологик муаммоларни ҳал қилишда муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш стратегиясининг учинчи йўналишида «маҳаллий хом-ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришга йўналтирилган қайта ишлаш тармоқларини жадал ривожлантириш асосида, саноатни сифат жиҳатидан янги босқичга кўтариш, уни модернизация қилиш ва диверсификациялаш, амалиётда ресурс ва энергиятежамкор технологияларни кенг қўллаш»¹ га қаратилган вазифалар белгилаб берилган. Бу борада кимё ва озиқ-овқат саноатида экстракциялаш жараёнини самарали усуллар - механик, вибрацион ва пульсацион аралаштирувчи, сетка тарелкали, насадкали қурилмаларга ўтказиш йўналишида илмий-тадқиқотлар олиб бориш муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш стратегияси тўғрисида»ги фармони ва 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3236-сон «2017-2021 йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида»ги, 2018 йил 3 октябрдаги ПҚ-3956-сон «Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» номли ПФ-4947-сон фармони.

соҳасида давлат бошқарув тизимини такомиллиштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устивор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот иши Республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VII. «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устивор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи.²

Суюқлик экстракцияси жараёнларини аниқлаш ва замонавий қурилмалар яратишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, Massachusetts Institute of Technology (United State), Peking University (China), Technical University of Denmark (Germany), Kyoto University (Japan), Pierre and Marie Curie University (France), Pohang University of Science and Technology (POSTECH) (South Korea), Indian Institute of Science (India), University of Montreal (Canada), Умумий ва ноорганик кимё институти, Д.И.Менделеев номли Россия кимё-технология университети, Санкт-Петербург Давлат технология институти, В.Г. Шухов номидаги Белгород давлат технология университети, Кимё ва кимё-технологияинститути (Россия), Беларус технология институти (Белоруссия), Умумий ва ноорганик кимё институти, Тошкент кимё-технология институти, Фарғона политехника институтида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

«С-С-Г» тизимли гетероген муҳитларга ишлов берувчи экстракторларнинг конструкцияларини яратиш ва такомиллаштиришга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган:кути кўринишидаги пневматик аралаштиргич-тиндиргич экстрактори яратилган ва плутоний ва урани сувли эритмалардан, трибутилфосфат билан экстракциялаш орқали ажратиб олиш усули ишлаб чиқилган (University of Montreal, Канада); устун кўринишидаги барботажли экстракторни янги конструкцияси такомиллаштирилган(Massachusetts Institute of Technology, АҚШ); кути кўринишидаги кўп поғонали барботажли экстрактор яратилган ва ксилолни сирка кислотасидан тозалашда (Умумий ва ноорганик кимё институти, Россия); микробиологияда ва фармацевтикада ишлатишга мўлжалланган кути кўринишидаги барботажли экстрактор яратилган (Санкт-Петербург Давлат технология институти, Россия); устун кўринишидаги кўп поғонали барботажли экстракторларнинг янги конструкциялари яратилган (Санкт-Петербург Давлат технология институти, Россия, Беларус технология институти, Беларус, Фарғона политехника институти, Ўзбекистон).

Дунёда суюқликларни инерт газлар билан аралаштирувчи барботажли

²Диссертация мавзуси бўйича илмий тадқиқотлар шарҳи: (<https://www.mit.edu/>), <http://english.pku.edu.cn/>,<https://www.dtu.dk/english>,<https://www.kyoto-u.ac.jp/en>, <https://www.iisc.ac.in/>, <https://www.study.eu/university/upmc-university-pierre-and-marie-curie>, <https://www.qut.edu.au/study/science-technology-engineering-and-maths/engineering>,<http://www.igic.ras.ru/>,<http://ioch.kiev.ua/institut/istoriya-instituta>,<https://www.umontreal.ca/en/>, <https://muctr.ru/>, <https://ksc.krasn.ru/Institutes/icct/>, <http://www.psu.ru/>, <https://sutd.ru/>, ва бошқалар бўйича ишлаб чиқилган.

экстракторларни янги конструкцияларини яратиш ва такомиллаштириш бўйича қатор, жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: экстракторга берилаётган экстрагент ва инерт газ оқимлари режимларининг гидродинамик ва массаалмашинув жараёнларига таъсирини илмий асослаш, оғир суюқликларни экстракциялаш учун томчиларни майдалаш механизмини такомиллаштириш, ихчам, суюқликларни экстракциялашга мослашувчан экстракторлар конструкцияларини ишлаб чиқиш, массаалмашиниш жараёни моделларини яратиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. «С-С-Г» тизимли гетероген мухитларда экстракция жараёни самарадорлигини ошириш, қурилмаларни янги конструкцияларини яратиш ва тадқиқотлар ўтказиш бўйича Р. Трейбал, Р. Пратт, З. Зюлковский, Г.М. Ритчи, Р. Пристли, А.В. Эшбрук, К. Хансон, Комасава Исао, Сейяку Танабэ К.К., Hashim M.A., Billet R., Diaz M., Mathers W.G., Winter E.T, Myers H.S., Mayeux S., Russel S.H., Fernandes J.B., Sharma M.M., Subbaraya K., Priestley R., Cornelis K., Trambouze P., Li Jingquan, Gu Yongan, В.В. Кафаров, П.Г. Романков, С.М. Карпачёва, Г.А. Ягодин, А.П. Зефиоров, Б.Н. Ласкорин, В.Б. Тихомиров, И.П. Галкин, В.Н. Соколов, Б.И. Броунштейн, В.Г. Левич, А.М. Берестовой, С.Н. Булатов, В.М. Олевский, И.Н. Белоглазов, М.А. Розен, Ж.Д. Тритон, А.Е. Костанян, А.Г. Лаптев, Б.А. Алиматов, Н.Р. Юсупбеков, З.С. Салимов, С.А. Абдурахимов, Ш.М. Гулямов, Х.С. Нурмухаммедов А.Х.Маматқулов, А.А.Худойбердиев ва бошқалар илмий тадқиқот ишлари олиб боришган.

Улар томонидан суюқлик экстракторлари конструкцияларини яратиш ва такомиллаштириш, қурилмаларда гидродинамик ва массаалмашинув жараёнларининг назарий асосларини ривожлантириш, қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш услубларини математик моделлаштириш каби олиб борилган илмий-тадқиқот ишлари натижалари саноатга жорий этилган.

Шу билан бирга суюқлик фазаларини жадал аралаштирувчи, оғир фаза томчиларини филтрлаш орқали тўлиқ чўкишини таъминловчи, поғоналарининг экстракциялаш самарадорлиги ва иш унумдорлиги юқори бўлган, ихчам барботажли экстракторнинг янги тузилмасини яратиш борасида илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Фарғона политехника институтининг илмий тадқиқот ишлар режасига мувофиқ №37/1272 «Бутилацетат» ва «Этилацетат» суюқликлари сифатини А-марка талаби даражасида ювиш (2018-2020 йй.) ва НИС-12-18 «Экстракторнинг модда алмашинув жараёнлари самарадорлигини ошириш учун барботажли аралаштириш жараёнини тадқиқ қилиш ва қўллаш» (2018-2020 йй.) хўжалик шартномалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади «С-С-Г» тизимли гетероген мухитларга ишлов берувчи барботажли экстракторни янги конструкциясини яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари қуйидагилардан иборат:

экстракция жараёни гидродинамикасига таъсир этувчи параметрларнинг

кенг ораликда ўзгаришини, суюқлик фазаларининг самарали контактига таъсирини аниқлаш;

қурилмадаги гидродинамик жараёнларни ҳисоблаш тенгламаларини яратиш;

«суюқлик-суюқлик-газ» тизимида интенсивлаш омилларини инобатга олувчи модел ва механизмларни яратиш;

экстрактордаги масса алмашиниш жараёнларига, гидродинамик параметрлартаъсирини аниқлаш;

фазаларнинг самарали контактини ташкил этиш орқали масса ўтказишни ошириш ҳамда поғоналар самарадорлигини аниқлаш;

экстракция жараёнини юқори аниқликда ифодаловчи олинган тенгламалар ҳамда маълумотлар асосида қурилмани лойиҳалашнинг муҳандислик услубини яратиш;

«суюқлик-суюқлик-газ» тизимидаги экстракция жараёни учун муҳандислик услуги ёрдамида юқори қувватли барботажли экстракцион колоннани лойиҳалаш;

гидродинамик ва масса алмашиниш жараёнлари жадаллаштирилган барботажли экстракторнинг янги конструкциясини ишлаб чиқиш ҳамда тажриба қурилмасини яратиш;

Тадқиқотнинг объектисифатида «Farg'onaazot» АЖ Сирка Ангидрид ва Сирка Кислотаси Регенерацияси цехида бутилацетат ва этилацетат суюқликларини ювиш, «FNQIZ» МСНЖ нинг №3 цехида фенолли оқава сувларини тозалаш жараёнлари ҳамда вертикал колонна шаклидаги барботажли экстрактор тажриба қурилмаси олинган.

Тадқиқотнинг предмети барботажли экстракторнинг гидродинамик ва масса алмашиниш жараёнларининг қонуниятларини ва уларнинг ўзаро боғлиқлик кўрсаткичларини аниқлаш, қурилмани лойиҳалашнинг муҳандислик услубларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида гидравлика, гидродинамика, кимё, математик статистиканинг қонун ва қоидалари, экспериментларни математик режалаштириш усуллари ҳамда суюқлик ва газларнинг физик-кимёвий хоссаларини аниқлашда стандарт усуллардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгиллиги қуйидагилардан иборат:

экстракторнинг аралаштириш зоналарида суюқлик ва газ оқимлари параллел ҳамда қарама-қарши йўналишларини, жараён ишчи параметрларини ҳисоблаш имконини берувчи гидродинамик тенгламалари яратилган;

гидродинамика ва масса алмашиниш жараёнлари барботаж қатламида томчиларни майдалаш ва масса алмашиниш моделлари такомиллаштирилган;

экстракция жараёни оптимал режимида пуфак ва томчиларнинг контакт юзаларига боғлиқ ҳолда, ҳажмий масса ўтказиш коэффиценти, қурилма поғоналарининг ФИК ва сони аниқланган;

яратилган қурилманинг оптимал гидродинамик режимларида масса алмашиниш жараёнида аралашма ва экстрагент сарфларининг нисбатлари 3:1

да, ажратиш 94 - 90 % дан 99,75% гача, яъни масса алмашилиш $5 \div 9,9$ % га кўпайган, ҳамда экстрагент сарфи 10 марта камайган;

яратилган тенгламалар асосида юқори самарали барботажли экстракторни лойиҳалашнинг муҳандислик услублари ишлаб чиқилган;

гидродинамик ва масса алмашилиш жараёнлари жадаллаштирилган, самарадорлиги юқори барботажли экстракторнинг янги конструкцияси яратилган;

экстракция жараёнини жадаллаштириш ҳисобига, саноатда қўлланиладиган экстракторларга нисбатан баландлиги 3 маротаба ихчам барботажли экстракцион колонна ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

суюқлик ва газ оқимлари режимларида, барботажли экстракторнинг аралаштириш зоналаридаги гидродинамик жараёнларини, олиб борилган назарий ва тажрибавий тадқиқот ишлари натижалари асосида, асосий ишчи параметрларини лойиҳалашнинг муҳандислик услублари ишлаб чиқилган;

барботажли экстракторнинг аралаштириш зоналаридаги гидродинамик жараёнларига ва суюқликларнинг физик-кимёвий хоссаларига боғлиқ ҳолда, ҳажмий массаузатиш коэффициентини ҳисоблаш тенгламаси олинган;

барботажли экстракторда бутилацетат ва этилацетат суюқликларини сув билан стандарт талаби даражасида экстракцион ювиш учун, 5 поғонали ҳамда фенолли оқава сувларини бензол ёрдамида тозалаш учун, 3 поғонали барботажли экстракторнинг саноат қурилмаси лойиҳаланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги изланишларнинг замонавий услуб ва ўлчаш воситаларидан фойдаланган ҳолда ўтказилганлиги, барботажли экстракторнинг асосий параметрларини назарий жиҳатдан асослашда гидравлика, гидродинамика, физика, кимё, математик статистика услублари билан ишлов берилганлиги, назарий ва амалий тадқиқотлар натижаларининг ўзаро адекватлиги, бажарилган тадқиқотлар асосида яратилган қурилма тажриба синовларининг ижобий натижалари ва амалиётга жорий этилганлиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти «С-С-Г» тизимли гетероген муҳитларга ишлов берувчи барботажли экстракторларнинг гидродинамик ва массаалмашилув жараёнларини тадқиқ қилиш орқали, қурилманинг ишчи параметрларини лойиҳалашнинг муҳандислик услублари ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти барботажли экстракторнинг ишлаб чиқилган янги конструкцияси қўлланилганда, қурилмага ўрнатилган филтёрда чўкмайдиган оғир фаза томчиларини филтёрланиши натижасида, поғоналарда экстрагентни барқарор сарфи таъминланганлиги, суюқлик фазаларини аралаштириш жадаллаштирилиши асосида, оғир фаза томчиларининг контакт юзасини кўпайтирилганлиги, экстрагент сарфини камайтириш, экстракция жараёнида қурилманинг самарадорлигини оширишга эришилганлиги билан хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилинганлиги. «С-С-Г» тизимли гетероген муҳитларга ишлов берувчи қурилмалар яратиш ва кимё саноатида қўллаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

5 поғонали барботажли экстрактор «Farg'onaazot» АЖда бутилацетат ишлаб чиқаришга амалиётга жорий этилган («O'zbekiston Respublikasi» АЖнинг 2020 йил 12-августдаги 24-3251-сон маълумотномаси). Натижада экстрагент сарфини 10 марта камайтириш ва стандарт (А марка ГОСТ8981-78, БА-99%) талабларга мос 99,75% тозаликдаги бутилацетат ишлаб чиқариш имконини берган;

5 поғонали барботажли экстрактор «Farg'onaazot» АЖда этилацетат ишлаб чиқаришга амалиётга жорий этилган («O'zbekiston Respublikasi» АЖнинг 2020 йил 12-августдаги 24-3251-сон маълумотномаси). Натижада экстрагент сарфини 10 марта камайтириш ва стандарт (А марка ГОСТ8981-78, ЭА-99%) талабларига мос ювиш кўрсаткичи 99,7%ни ташкил этувчи этилацетат ишлаб чиқариш имконини берган;

3 поғонали барботажли экстрактор «FNQIZ» МЧЖда фенолли оқава сувларини тозалаш амалиётга жорий этилган («O'zbekiston Respublikasi ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish davlat qo'mitasi»нинг 2020 йил 30 октябрдаги 01-02/8-2586-сон маълумотномаси). Натижада оқава сувидаги фенол концентрациясини рухсат этилган меъёр (стандарт ИСО 6439-90 бўйича РЕК-0,001 мг/л) гача тозалаш имконини берган.

Тадқиқот ишларининг апробацияси. Ушбу тадқиқот натижалари 8 халқаро ва 16 та республика илмий-амалий конференцияларида муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 39 та илмий ишлар, шу жумладан 2 та монография, 13 та мақола, булардан 2 таси халқаро журналларда, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан илмий натижаларни чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 11 та мақола, жумладан 2 таси хорижий ва 9 таси республика илмий журналларида нашр этилган.

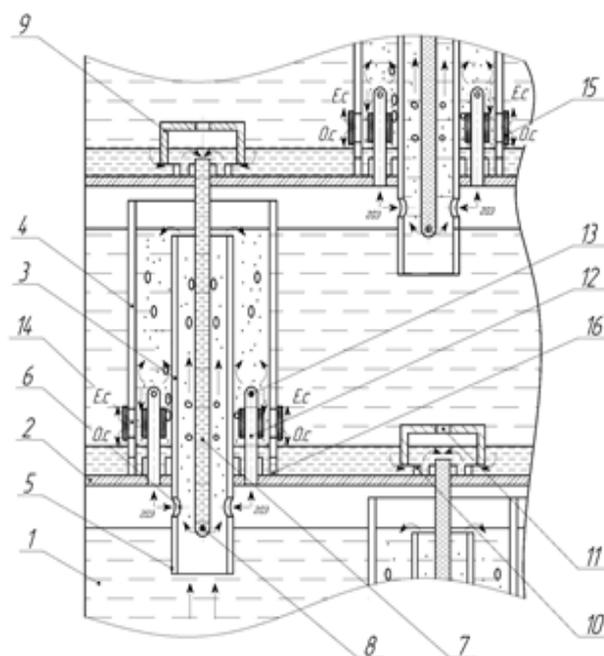
Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, умумий хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 200 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотининг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, уларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий этилганлиги, ишнинг апробация натижалари, эълон қилинган ишлар ва диссертация тузилиши ҳамда ҳажми бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертация ишининг «С-С-Г» тизимли гетероген муҳитларга ишлов берувчи қурилмалар» деб номланган биринчи бобида, «С-С-Г» тизимли гетероген муҳитлар тўғрисида умумий маълумотлар келтирилган. Содда ва мураккаб гетероген тизимларда экстракция жараёнини амалга оширишда суюқлик фазаларини аралаштириш усуллари ва инерт газ ёрдамида аралаштириш афзалликлари ёритилган.

Гетероген муҳитлардаги дисперс тизимлар таснифи ва экстракцион қурилмаларга қўйиладиган асосий талаблар келтирилган. «С-С-Г» тизимли гетероген тизимларга ишлов берувчи қурилмалар таснифи баён этилган. Бу таснифга кўра барботажли экстракторларнинг конструкциялари таҳлил қилинган. Қути ва устун кўринишидаги барботажли экстракторларнинг конструкцион тузилиши ва ишлаш принциплари таҳлили натижасида уларнинг асосий камчиликлари ўрганилган. Илмий-тадқиқот ишига вазифа қўйилган. Тадқиқотлар натижасида суюқлик фазаларини аралаштириш вақти оширилган ва оғир фаза томчиларини филтрлаш ҳисобига экстракция жараёни самарадорлиги юқори бўлган, кўп поғонали барботажли экстракторнинг янги конструкцияси ишлаб чиқилган (1-расм).



1-расм. Филтрли барботажли экстрактор

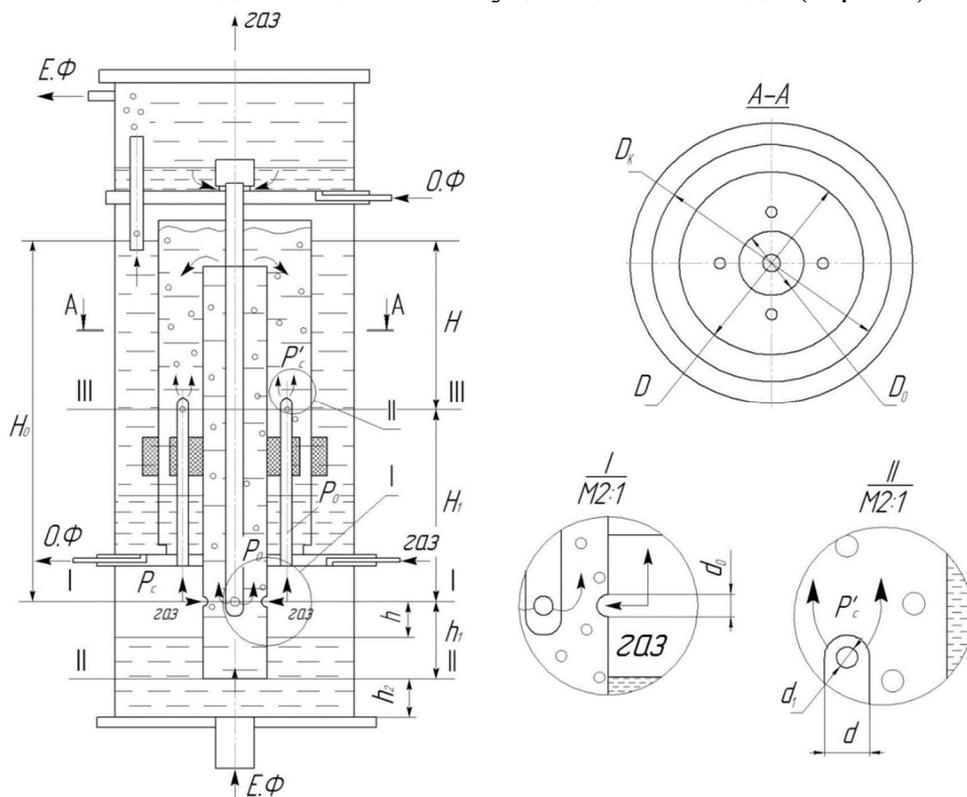
1 – қурилма танаси; 2 – тўсиқ; 3 – ички барботаж патрубкиси; 4 – ташқи барботаж патрубкиси; 5 – газ тақсимловчи насадка; 6 – газ узатувчи тешик; 7 – оғир суюқликни оқизувчи қувурча; 8 – оғир суюқликни чиқарувчи тешик; 9 – қалпоқча; 10 – остки тешик; 11 – устки тешик; 12 – ташқи аралаш-тириш зонасига газ узатувчи қувурча; 13 – газ узатувчи тешик; 14 – филтр ўрнатиладиган тешик; 15 – филтр; 16 – оғир суюқлик ҳаракатланувчи тирқиш

Диссертация ишининг «С-С-Г» тизимли гетероген муҳитларга ишлов берувчи барботажли экстрактор гидродинамик жараёнларининг назарий асослари» деб номланган иккинчи бобида, тавсия этилаётган барботажли экстракторнинг аралаштириш зоналаридаги гидродинамик жараёнларининг назарий асослари келтирилган. Экстракторнинг барқарор гидродинамик режимда ишлаши, инерт газнинг ички барботаж патрубкиси 3 ва ташқи 3 ва 4

патрубклар орасида ҳосил қилинган ҳалқали каналга тенг тақсимланиши билан боғлиқ.

Бу ўз навбатида қурилманинг гидродинамик режими ўзига ҳослиги билан ажралиб туради. Биринчидан ички барботаж патрубкани 3 да суюқлик аралашмалари ва инертгаз йўлдош оқимда ҳаракатланса, ички 3 ва ташқи 4 патрубклар орасидаги ҳалқали каналда эса, қарама-қарши оқимда ҳаракатланади. Иккинчидан газ узатувчи тешик 6 ва 13 лар турли баландликларда жойлашиши сабабли инерт газнинг тенг тақсимланиши учун тешиклар ўлчами бир-бирдан фарқланади.

Юқоридаги шартнинг бажарилишида тўсиқ 2 остида ҳосил қилинадиган газ ёстиғи h нинг баландлиги қиймати муҳим ҳисобланади (2-расм).



2-расм. Газ ёстиғини ҳисоблаш схемаси

Шу мақсадда назарий тадқиқотлар олиб борилди ва газ ёстиғи баландлигини ҳисоблаш тенгламаси олинди:

$$h = \frac{(\xi_0 w_0^2 \rho_g + 2 \rho_c g (1 - \varphi_1) H) - (\xi_1 w_1^2 \rho_g + \xi_{ex} w_c^2 \cdot \rho_c)}{2g(\rho_c - \rho_g)} \quad (1)$$

Қурилманинг ички ва ташқи аралаштириш зоналарида суюқлик фазаларининг тенг жадалликда аралаштирилишини таъминлаш учун, бу зоналарга газ узатувчи тешик 6 ва 13 лардан чиқаётган газнинг сарфий тезликларини ҳисобловчи тенгламалар олинди.

Ички аралаштириш зонасига газ узатувчи тешиклардаги газ тезлиги қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$w_0 = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{2hg\Delta\rho_c(1-\varphi_0)H_0 + 2\xi_{ex}\rho_c w_c^2(1-\varphi_1)H}{2\xi_0\rho_g(1-\varphi_1)H}} \quad (2)$$

Ташқи аралаштириш зонасига газ узатувчи тешиклардан чиқаётган газ тезлиги эса қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$w_1 = \sqrt{\frac{(\xi_0 w_0^2 \rho_r + 2 \rho_c g (1 - \varphi_1) H) - (2g (\rho_c - \rho_r) h + \xi_{ex} w_c^2 \rho_c)}{\xi_1 \rho_r}}, \quad (3)$$

бунда h – газ ёстиғи баландлиги қиймати, м; ξ_0 ва ξ_1 – ички барботаж патрубкеси ва ҳалқали каналга газ узатувчи қувурчалардаги тешикларнинг қаршилик коэффицентлари; w_0 ва w_1 – ички барботаж патрубкеси ва ҳалқали каналга газ узатувчи қувурчалардаги тешиклардан чиқаётган газнинг сарфий тезликлари, м/с; ρ_r – газ зичлиги, кг/м³; ρ_c – суюқлик зичлиги, кг/м³; φ_1 – ташқи аралаштириш зонасида газ миқдори; H – ташқи аралаштириш зонаси баландлиги, м; H_0 – ички аралаштириш зонаси баландлиги, м; φ_0 – ички аралаштириш зонасида газ миқдори; ξ_{ex} – суюқликнинг барботаж патрубкесига киришидаги қаршилик коэффиенти; w_c – суюқликнинг барботаж патрубкесига сарфий тезлиги, м/с; $\Delta\rho$ – суюқлик ва газ аралашмаси зичлиги, кг/м³.

Қурилманинг ички ва ташқи аралаштириш зоналаридаги газ миқдорлари φ_0 ва φ_1 ларнинг қийматини аниқлаш учун қуйидаги тенгламалар тавсия қилинди.

Суюқлик ва инерт газ оқимлари йўлдош ҳаракати учун:

$$\varphi_0 = (1 - 0,04 w'_c) \varphi', \quad (4)$$

Суюқлик ва инерт газ оқимлари қарама-қарши ҳаракати учун:

$$\varphi_1 = (1 + 0,04 w''_c) \varphi', \quad (5)$$

бунда w'_c ва w''_c – барботаж патрубкеси ва ҳалқали канал кесим юзасидаги суюқликнинг сарфий тезлиги, м/с; φ' – суюқликнинг тинч ҳолатдаги газ миқдори бўлиб, қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$\varphi_c = 2,47 \cdot w_r^{0,97}, \quad (6)$$

бунда w_r – аралаштириш зоналаридаги газ тезлиги, м/с.

Газнинг аралаштириш зоналарига тенг тақсимланиши учун тешиклар диаметрлари нисбатини аниқловчи тенглама олинди (2-расм):

$$N = \frac{d_1}{d_0} = \frac{\rho g (1 - \varphi_1) H}{\rho g (1 - \varphi_0) H_0}, \quad (7)$$

бунда d_1 – ташқи аралаштириш зонасига газ узатувчи тешик диаметри, мм; d_0 – ички аралаштириш зонасига газ узатувчи тешик диаметри, мм.

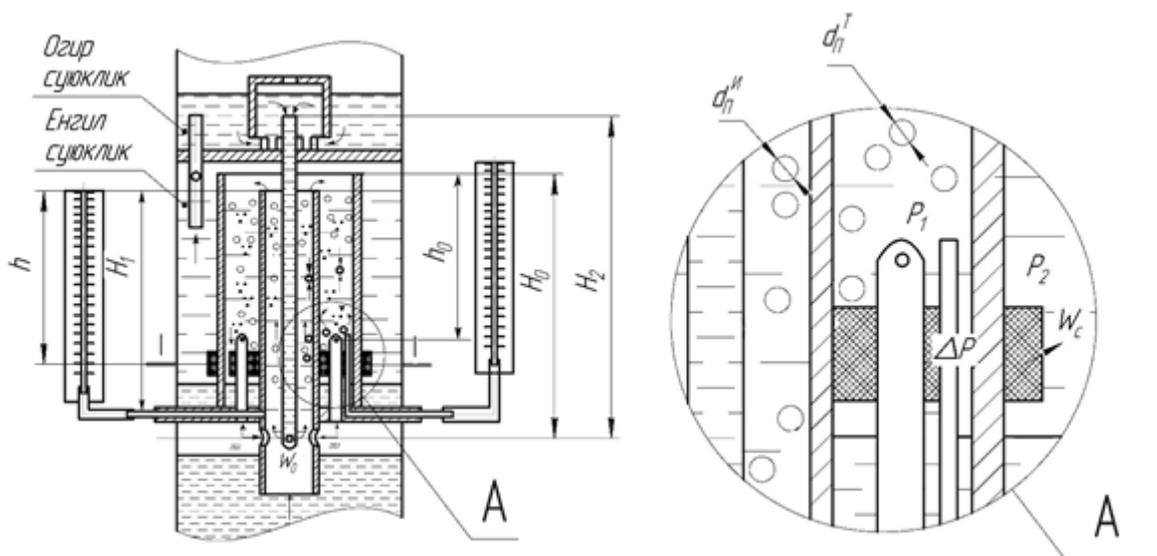
Қурилманинг ташқи аралаштириш зонасида суюқлик аралашмалари ва газнинг ҳаракати қарама-қарши йўналишда бўлиши, газ миқдори φ_1 нинг ортишига сабаб бўлади. Ички ва ташқи зоналарда газ миқдорлари қийматларининг $\varphi_0 = \varphi_1$ бўлиши тенг жадалликдаги аралаштириш режимини таъминлайди. Бу ўз навбатида ташқи барботаж патрубкеси диаметрининг тўғри танланишини талаб этади (2-расм). Бу шартдан келиб чиққан ҳолда, ташқи барботаж патрубкеси ўлчамини аниқловчи тенглама олинди:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{K \cdot \pi \cdot a \cdot \varphi_1 (1 - \varphi_1) \cdot 3600} + D_0^2}, \quad (8)$$

бунда Q – экстракцияланаётган суюқлик сарфи, м³/соат; a – якка олинган пуфакнинг тезлигига мос келувчи коэффицент ($a=20 \div 32$ см/с); D_0 – ички

аралаштириш зонаси диаметри, м; K – суюқлик тезлигини ҳисобга олувчи ўлчам коэффициентлари.

Ички ва ташқи зоналарда суюқлик фазаларининг самарали аралаштирилиши, тешиклардан чиқаётган инерт газ пуфаклари диаметрига боғлиқ. Газ миқдорининг чегаравий қийматида газ пуфакларининг кичик бўлиши уларнинг аралаштирувчи фазалараро солиштирма контакт юзларини орттиришига олиб келади (3-расм).



3-расм. Пуфак ўлчами, оғир суюқликнинг оқиш тезлиги ва фильтрни ҳисоблаш схемаси

Натижада массаалмашинов жараёни самарадорлиги ортади. Баландлиги 1÷4 м бўлган реакторлар учун, пуфак диаметрларини аниқловчи тенгламалар тавсия этилди:

$$d = 3 \sqrt{\frac{6d_0\sigma}{g(p_c - p_r)}} \quad (9)$$

$$d_n = 1,53 \sqrt{\frac{d_0\sigma}{\Delta\rho g}} \quad (10)$$

бунда g – эркин тушиш тезланиши, м/с²; σ – суюқликнинг сирт таранглиги, Н/м;

Аралаштириш зоналарига енгил ва оғир суюқлик фазалари нисбатини тўғри узатиш учун газ миқдорининг қийматида ва оғир суюқлик оқувчи тешикнинг қаршилиқ коэффициентларига боғлиқ ҳолда, оғир суюқликни тешикдан оқиб чиқиш тезлигини аниқловчи тенглама олинди, (3-расм):

$$w_0 = \sqrt{\frac{2g(\rho_0 \cdot H_2 - \rho_{ap} \cdot (1 - \varphi_0))H_0}{\xi_0 \rho_0}} \quad (11)$$

бунда H_2 – оғир суюқликни тешик марказигача бўлган сатҳи баландлиги, м; ρ_0 – оғир суюқлик зичлиги, кг/м³; ρ_{ap} – оғир ва енгил суюқлик аралашмалари зичлиги, кг/м³; ξ – тешикнинг қаршилиқ коэффициенти.

Профессор Б.А. Алиматов томонидан, битта аралаштириш зонали барботажли экстракторнинг аралаштириш зонасидаги суюқлик ва газ тезликларида оғир фаза томчиларининг майдаланиши ва ўлчамлари бўйича

таксимланиши ўрганилиб, томчиларнинг хажмий-юзавий диаметрини аниқловчи эмпирик тенглама тавсия этилган:

$$d_{\text{хю}} = \frac{6,7 \cdot 10^{-6} (\sigma_o^{0,35} \cdot \varphi_o^{0,8})}{(\omega_2^{0,2} \cdot t_{\text{ўр}}^{0,45} \cdot \mu_{\text{я}}^{1,1})}, \quad (12)$$

бунда σ_o – оғир суюқлик сирт таранглиги, Н/м; φ_o – дисперс фазанинг хажмий улуши, %; $t_{\text{ўр}}$ – аралаштиришнинг ўртача вақти, с; $\mu_{\text{я}}$ – ялпи фазанинг қовушқоқлиги, Па·с.

Ташқи аралаштириш зонасига ўрнатилган, чўкмайдиган оғир фаза томчиларини ушлаб қолувчи филтрдан сизиб чиқаётган суюқлик тезлигини аниқловчи тенглама олинди, (3-расм):

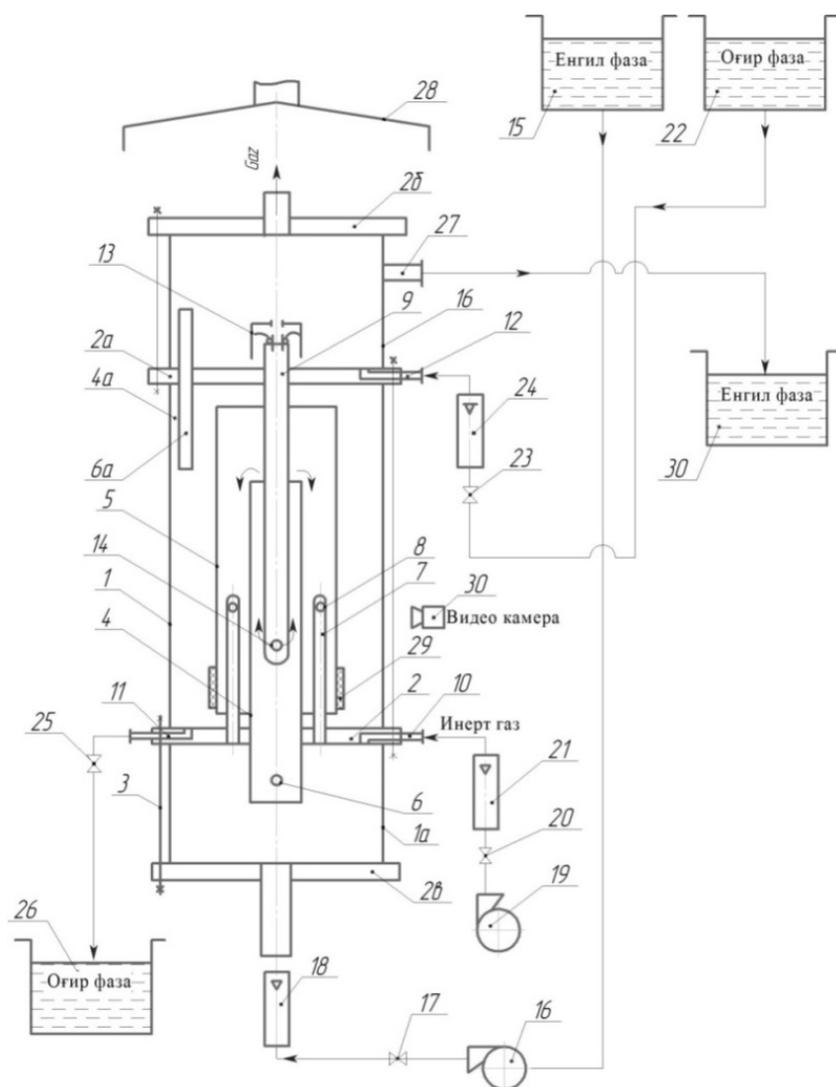
$$\omega_{\text{я}} = \sqrt{\frac{2gh(\rho_{\text{ар}} - \rho_{\text{я}})(1 - \phi_1)}{\xi_{\phi} \rho_{\text{ар}}}}, \quad (13)$$

бунда $\rho_{\text{я}}$ – ялпи фаза зичлиги, кг/м³; ξ_{ϕ} – филтрнинг қаршилик коэффициенти бўлиб, тажрибалар орқали аниқланади.

Диссертация ишининг “**Барботажли экстракторда тажрибавий тадқиқотлар ўтказиш**” деб номланган учинчи бобида, барботажли экстракторнинг аралаштириш зоналаридаги гидродинамик жараёнларини ўрганишда ўтказилган тажрибавий тадқиқот натижалари келтирилган. Тажрибавий тадқиқотлар барботажли экстракторнинг тажриба қурилмасида ўтказилди (4-расм).

Тажриба қурилмаси қўйидаги тартибда ишлайди. Енгил суюқлик идиш 15 дан қурилманинг ички аралаштирувчи патрубкиси 4 га пастки газ таксимлаш қисмидан насос 16 ёрдамида берилади. Суюқлик сарфининг керакли миқдори РС-5 маркали ротометр 18 ёрдамида таъминланади ва жумрак 17 билан чегаралаб турилади. Енгил суюқлик билан бирга, патрубк 4 га инерт газ ҳам тешиқлар 6 орқали берилади. Қурилманинг аралаштирувчи қисмларига берилаётган газни текис ва бир меъёрда киришини таъминлаш учун, газ ёстиғи ҳосил қилинади. Газ ёстиғининг керакли қиймати, компрессор 19 ёрдамида берилаётган газ сарфи билан жумрак 20 орқали РС-3 маркали ротометр 21 ёрдамида таъминланади. Газ ёстиғидан газнинг бир қисми халқали каналга қувурчалар 7 даги тешиқ 8 орқали берилади. Газ ёстиғининг баландлигини шиша труба 1а га ёпиштирилган ўлчамли қоғоз лентадаги шкалалар ёрдамида кузатиб турилади.

Қурилмага енгил суюқлик ва инерт газ керакли даражада кириши таъминлангандан кейин, патрубк 4 га оғир суюқлик қувур 9 нинг тешиги 14 орқали берила бошланади. Идиш 22 дан берилаётган оғир суюқлик сарфи жумрак 23 орқали чегараланади ва РС-3а маркали ротометр 24 ёрдамида соланади. Оғир суюқлик аралаштириш зоналарига, фақат тўлиқ тиндирилган ҳолда кириши учун, қувур 9 нинг тепа учига қалпоқча 13 ўрнатилган.



4-расм. Тажриба қурилмасининг схемаси

Барботаж патрубкиси 4 ичида енгил суюқлик фазаси пастдан юқорига ҳаракатланиши натижасида қувур 9 нинг тешиги 14 орқали оқиб чиқаётган оғир суюқликни ўз оқими йуналиши бўйича юқорига ҳаракатлантиради. Оғир ва енгил суюқлик фазалари барботаж патрубкисидаги тешик 6 лар орқали кираётган газ билан жадал аралаштирилади. Суюқлик фазалари газ билан аралаштирилиши натижасида, оғир суюқлик томчиларга майдаланади. Аралашган суюқликлар ўз ҳаракатлари давомида 4 ва 5 патрубклар орасидаги ҳалқали каналга оқиб ўтади ва у ерда қувурча 7 лардаги тешик 8 лар орқали чиқаётган газ билан қўшимча равишда яна аралаштирилади.

Аралаштирилган суюқлик фазалари ҳалқали каналдан қурилманинг чўктириш зонасига чиқади. Бу зона ташқи шиша патрубкка 1 ва ички патрубкка 5 орасида ҳосил қилинган. Чўқаётган оғир фаза томчилари диаметрларини аниқлаш учун видеокамера 30 хизмат қилади.

Чўкмайдиған оғир фаза томчиларини енгил фаза билан қўшилиб чиқиб кетишини бартараф қилиш учун, патрубкка 5 га шиша толали фильтр 29 ўрнатилган. Фильтрда чўкиши қийин бўлган майда заррачали оғир фаза томчилари ушлаб қолинади. Оғир фаза томчиларининг чўкиши натижасида секциянинг фланеци 2 юзасида бир жинсли қатлам ҳосил бўлади. Қайта

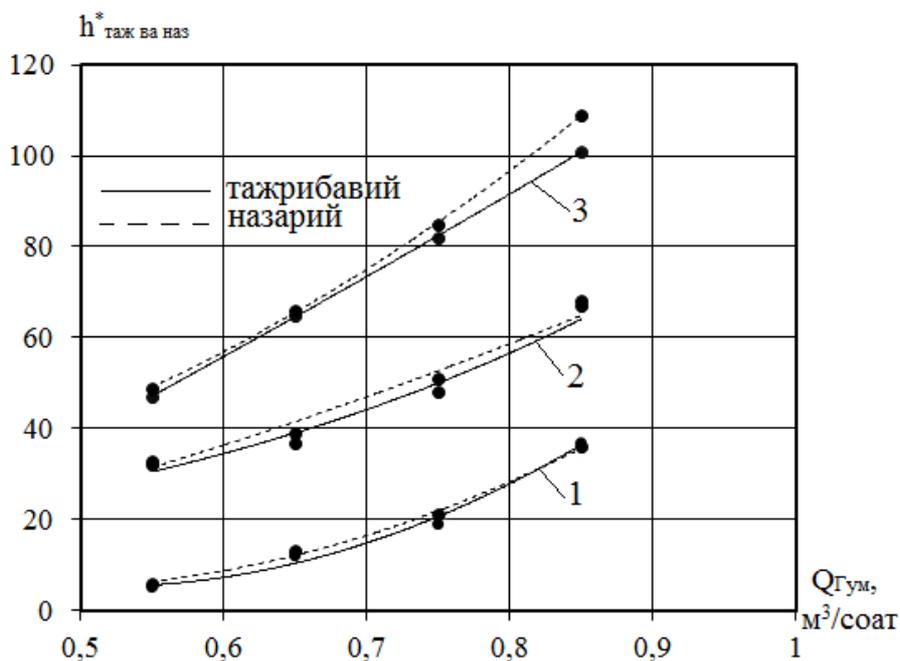
ишланган оғир суюқлик канал 11 орқали, жумрак 25 ёрдамида идиш 26 га чиқариб олинади. Суюқлик фазаларини ажратиб турувчи чегара, жумрак 25 ёрдамида тутиб турилади.

Енгил суюқлик ва газ патрубкка 4а даги тешик 6а орқали юқори секцияга чиқарилади. У ерда газ енгил суюқликдан ажралиб чиқиб кетади, енгил суюқлик эса канал 27 орқали идиш 15 га ўтказилади.

Тажриба қурилмасининг барча металл қисмлари Х18Н10Т ва Х17Н13М2Т маркали стандарт пўлатлардан тайёрланган. Қурилмага суюқлик беришда БЦНМ маркали насосдан, газ беришда эса КВ-10 маркали компрессордан ва «Fargonaazot» АЖ нинг Сирка Ангидрид ва Сирка Кислотаси Регенерацияси цехида мавжуд сиқилган ҳаводан фойдаланилди.

Қурилманинг гидродинамик жараёнларини ўрганиш бўйича ўтказилган тажрибаларда енгил суюқлик сифатида бутилацетат, этилацетат, сув, оғир суюқлик сифатида эса сув, бензол билан 4-хлорли углеродни қўшиб тайёрланган турли зичликдаги аралашмалардан фойдаланилди.

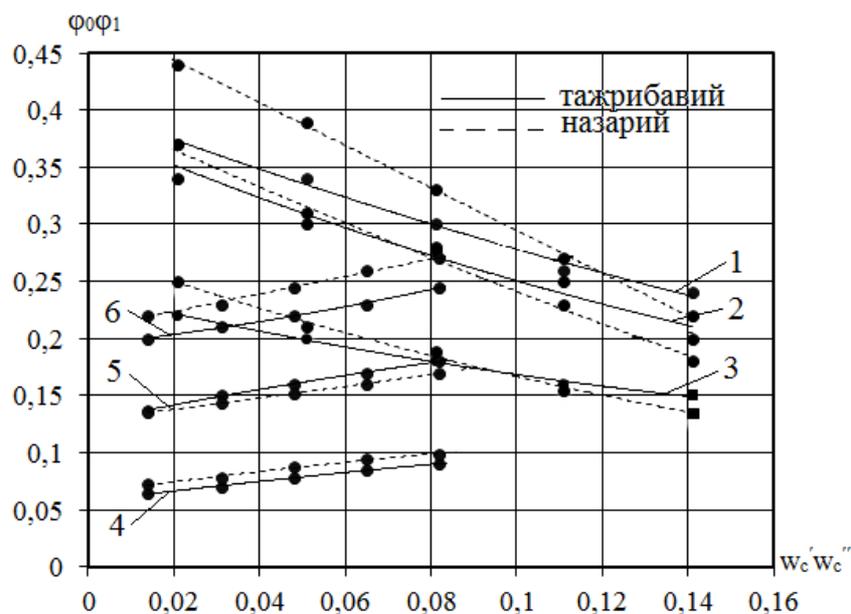
Газ ёстиғи қийматини тажрибавий аниқлаш учун, қурилманинг технологик параметрлари қуйидаги ораликларда ўзгартирилди. Тешиклар орасидаги масофа $H_1=315; 240; 165$ мм. Газ узатувчи тешик диаметри $d_0= 1,5$ мм; $d_1=0,6; 0,8; 1,0$ мм. Инерт газ сарфи $Q_r=0,15 \div 0,85$ м³/соат, (0,1 м³/соат қадам билан). Суюқлик сарфи $Q_c=0,07 \div 0,39$ м³/соат, (0,08 м³/соат қадам билан).



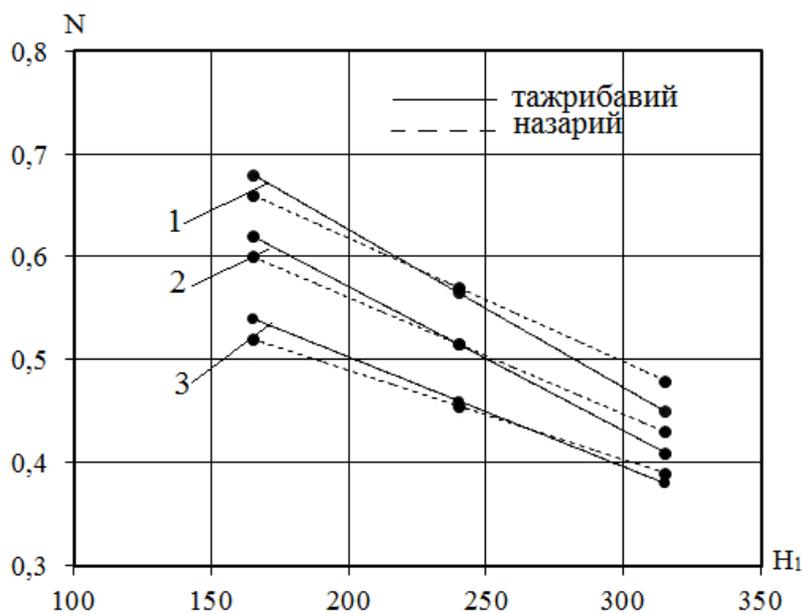
1) $d_1=0,6$ мм; $H_1=315$ мм, 2) $d_1=0,8$ мм; $H_1=240$ мм, 3) $d_1=1,0$ мм; $H_1=165$ мм.

5-расм. Газ сарфининг ўзгаришига боғлиқ ҳолда газ ёстиғининг ўзгариши (таққословчи график) $d_0=1,5$ мм - const

Газ ёстиғини аниқлаш бўйича олинган тажриба натижалари ЭХМ ёрдамида қайта ишланди. Газ сарфига боғлиқ ҳолда газ ёстиғини ҳисоблаш учун регрессия тенгламалари олинди. Газ ёстиғининг назарий ва тажрибавий қийматлари таққосланиб график қурилди (5-расм). Тажрибавий тадқиқотлар (1) тенгламани тўла тасдиқлади.



6-расм. Суяклик тезлигга боғлиқ ҳолда газ миқдорининг ўзгариши
 Ички аралаштириш зонасида, 1. $H_1=315$ мм; 2. $H_1=240$ мм; 3. $H_1=165$ мм;
 Ташқи аралаштириш зонасида, 4. $H_1=315$ мм; 5. $H_1=240$ мм; 6. $H_1=165$ мм;



1. $w_c' = 0,021$; $w_c'' = 0,014$ м/с 2. $w_c' = 0,082$; $w_c'' = 0,05$ м/с 3. $w_c' = 0,14$; $w_c'' = 0,087$ м/с

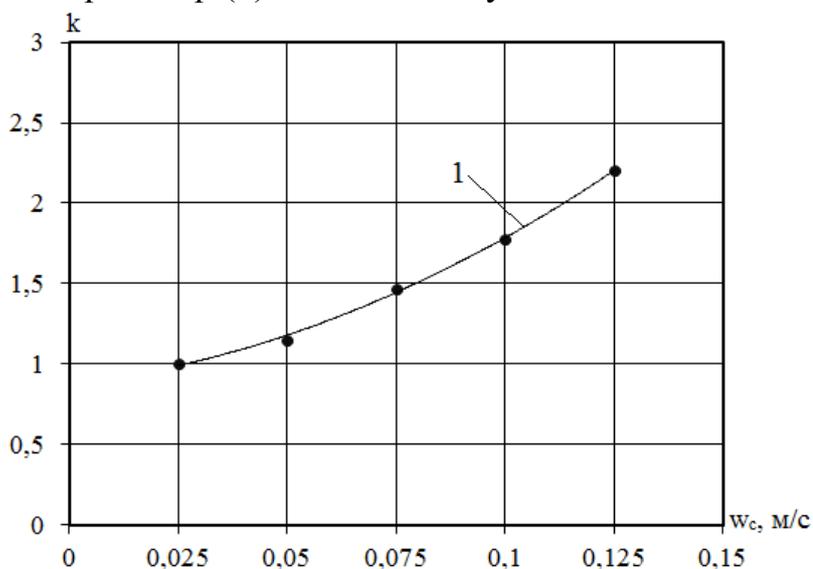
7-расм. Тешиклар орасидаги масофанинг ўзгаришига боғлиқ ҳолда диаметрлар нисбатининг ўзгариши

Юқорида келтирилган технологик параметрлар бўйича қурилманинг ички ва ташқи аралаштириш зоналаридаги газ миқдорлари (φ_0 ва φ_1) ларнинг тажрибавий қийматлари аниқланди ва қайта ишланиб, регрессия тенгламалари олинди ва назарий қийматлари билан таққословчи график қурилди (6-расм). Тажриба натижаларига асосланган ҳолда, қурилманинг газ тақсимловчи қурилмаларидаги тешиклардан чиқаётган газ тезликларини ҳисоблаш учун (2) ва (3) тенгламалардан, газ миқдорларини ҳисоблаш учун эса (4), (5) ва (6) тенгламалардан фойдаланиш мумкинлиги исботланди.

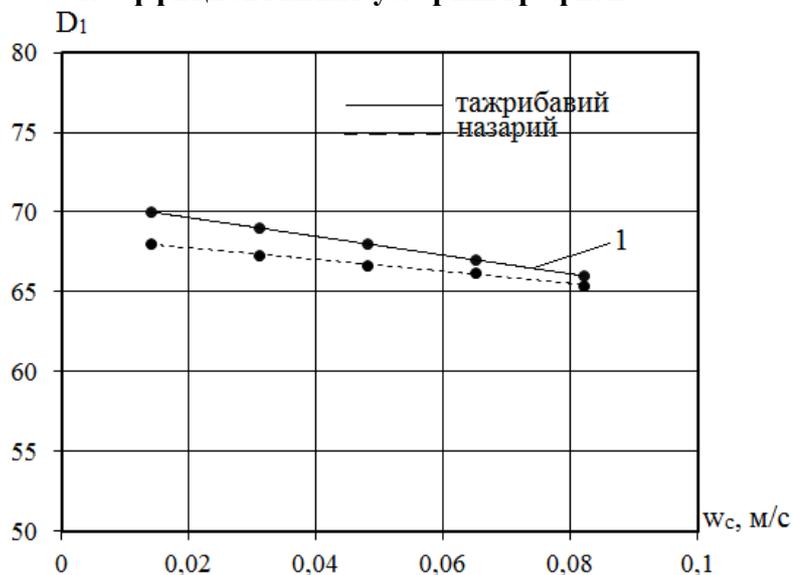
Газ узатувчи тешиклар орасидаги масофа H_1 га боғлиқ ҳолда, тешик диаметрлари нисбатини аниқлаш бўйича тажрибавий тадқиқотлар олиб

борилди. Олинган тажриба натижалари қайта ишланиб, регрессия тенгламалари олинди ва назарий қийматлари билан таққословчи график қурилди (7-расм). Тажрибавий тадқиқотлар (7) тенгламани тўла тасдиқлади.

Ташқи аралаштириш зонасидаги суюқлик фазалари ва газ оқимлари қарама-қарши йўналишида, газ миқдорлари $\varphi_0 = \varphi_1$ шарт бажарилиши учун ўлчам коэффиценти K нинг тажрибавий қийматлари аниқланди ва қайта ишланиб график қурилди (8-расм). Ташқи аралаштириш зонаси ўлчамини аниқлаш бўйича тажриба натижалари қайта ишланиб, таққословчи график қурилди (9-расм). Ўтказилган тажрибалар (8) тенгламани тўла тасдиқлади.



8-расм. $K=f(w_c)$ суюқлик тезлигининг ўзгаришга боғлиқ ҳолда ўлчам коэффиценти нинг ўзгариш графиги



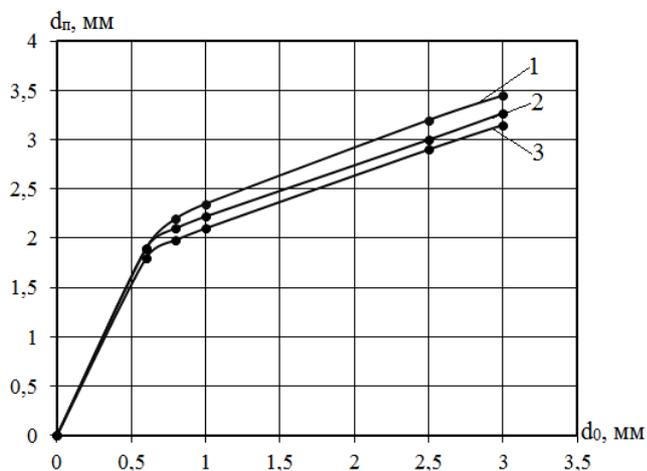
9-расм. $D=f(w_c)$ Суюқлик тезлигининг ўзгаришига боғлиқ ҳолда ҳалқали канал ўлчамининг ўзгариш графиги

Қурилманинг аралаштириш зоналаридаги пуфак диаметрларини аниқлаш бўйича тажрибалар ўтказилиб, олинган натижалар қайта ишланди ва тавсия этилган (9) ва (10) тенгламаларнинг, текширилаётган қурилма учун ўзгармас қийматлари аниқланиб, қуйидаги (14) ва (15) кўринишга келтирилди ва таққословчи график қурилди, (10-расм):

$$d_n = 0,63 \sqrt[3]{\frac{6 \cdot d_0 \cdot \sigma}{g(\rho_c - \rho_2)}} \quad (14)$$

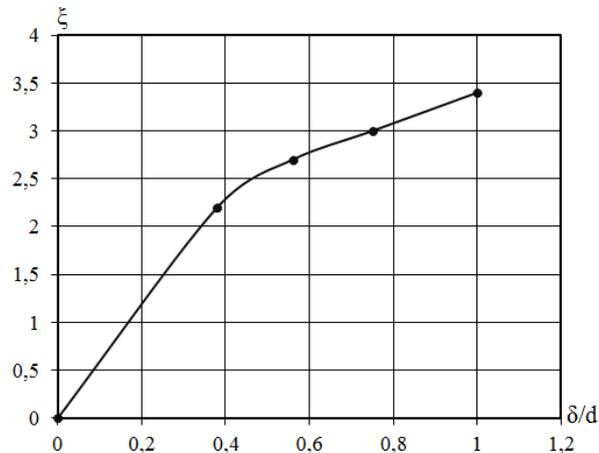
$$d_n = 1,1253 \sqrt[3]{\frac{d_0 \sigma}{\Delta p g}} \quad (15)$$

Энгил ва оғир суюқлик фазалари нисбатлари тўғри танланиши учун оғир суюқликни оқизувчи қувур тешиги қаршилик коэффицентларининг тажрибавий қийматлари аниқланди ва қайта ишланиб график қурилди (11-расм).



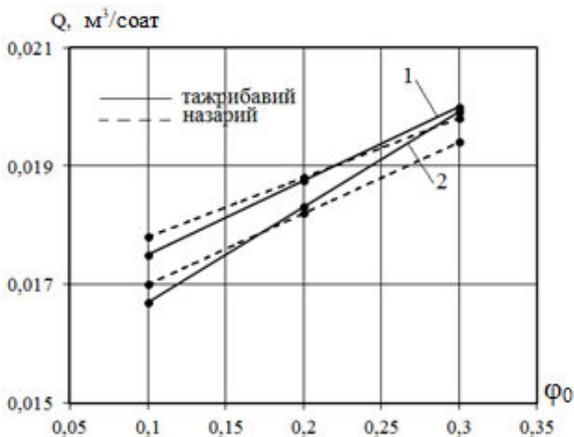
1. Тажрибавий; 2. (14)-тенглама бўйича;
3. (15)-тенглама бўйича.

10-расм. Тешик ўлчамининг ўзгаришига боғлиқ ҳолда пуфак диаметрининг ўзгариш графиги



11-расм. Тешик девори қалинлиги ва тешик диаметрининг ўзгаришига боғлиқ ҳолда қаршилик коэффицентининг ўзгариш графиги

Қаршилик коэффицентларига боғлиқ ҳолда оғир суюқликнинг оқиб чиқиш тезлигини тажрибавий қийматлари аниқланди ва назарий қийматлари билан таққословчи график қурилди (12,13-расмлар). Тажрибавий тадқиқотлар (11) тенгламани тўла тасдиқлади.

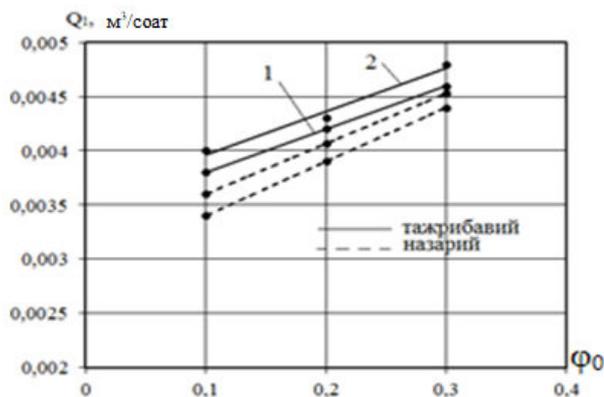


$\xi = 2,7; w_c = 0,07 \text{ м/с, (const)}$.

1. $\rho_0 = 1200 \text{ кг/м}^3, \rho_{ap} = 1066 \text{ кг/м}^3$.

2. $\rho_0 = 1100 \text{ кг/м}^3, \rho_{ap} = 1033 \text{ кг/м}^3$.

12-расм. $Q = f(\varphi)$ Газ миқдорининг ўзгаришига боғлиқ ҳолда оғир суюқлик сарфининг ўзгариш графиги (таққословчи графиг)



$\xi = 3,4; w_c = 0,07 \text{ м/с, (const)}$.

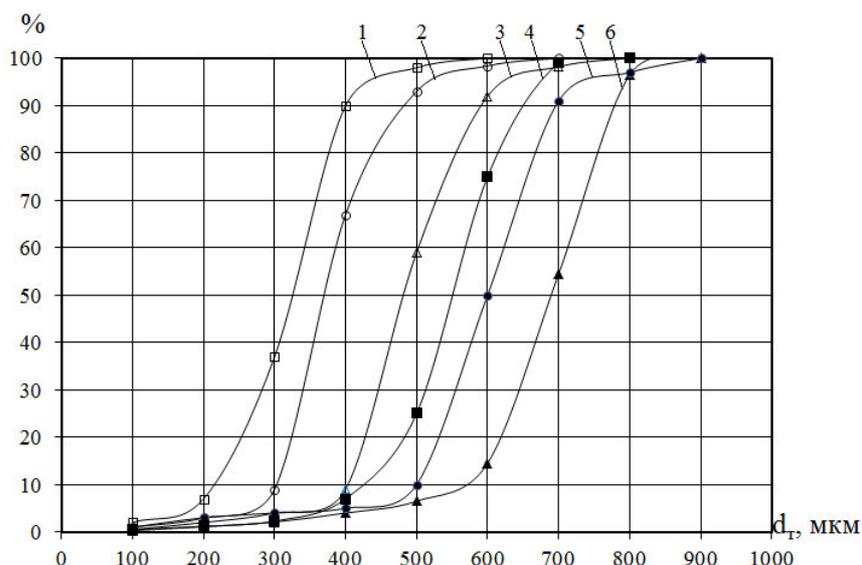
1. $\rho_0 = 1200 \text{ кг/м}^3, \rho_{ap} = 1066 \text{ кг/м}^3$.

2. $\rho_0 = 1100 \text{ кг/м}^3, \rho_{ap} = 1033 \text{ кг/м}^3$.

13-расм. $Q = f(\varphi)$ Газ миқдорининг ўзгаришига боғлиқ ҳолда оғир суюқлик сарфининг ўзгариш графиги (таққословчи графиг)

Ички ва ташқи аралаштириш зоналаридаги суюқлик ва газ тезликларида оғир фаза томчиларининг майдаланиши ва ўлчамлари бўйича тақсимланиши

тажрибавий аниқланди. Олинган натижалар қайта ишланиб график курилди (14-расм).



14-расм. Томчиларнинг ўлчамлар бўйича тақсимланиш графиги

$t_{yp}=22$ с; $w_{я}^H=0,051$ м/с; $w_{я}^T=0,026$ м/с;

$t_{yp}=14$ с; $w_{я}^H=0,11$ м/с; $w_{я}^T=0,035$ м/с;

1. $w_2^H=0,09$ м/с; $w_2^T=0,08$ м/с;

1. $w_2^H=0,09$ м/с; $w_2^T=0,08$ м/с;

2. $w_2^H=0,06$ м/с; $w_2^T=0,08$ м/с;

2. $w_2^H=0,06$ м/с; $w_2^T=0,08$ м/с;

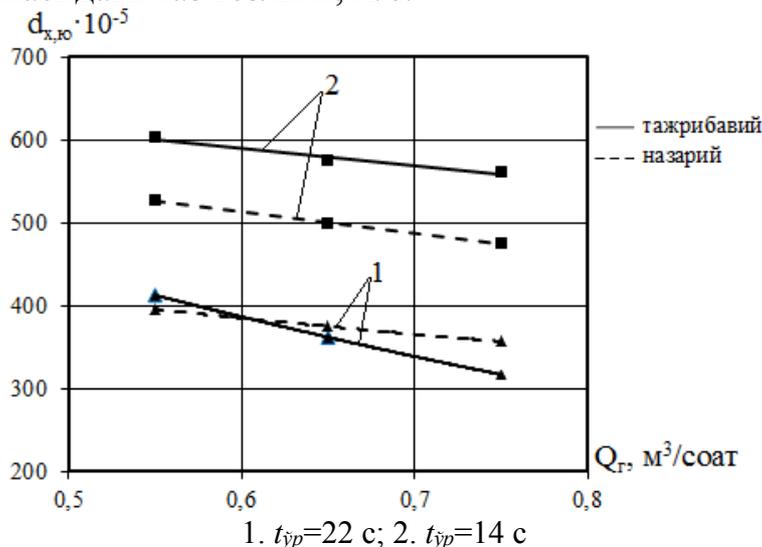
3. $w_2^H=0,03$ м/с; $w_2^T=0,08$ м/с.

3. $w_2^H=0,03$ м/с; $w_2^T=0,08$ м/с.

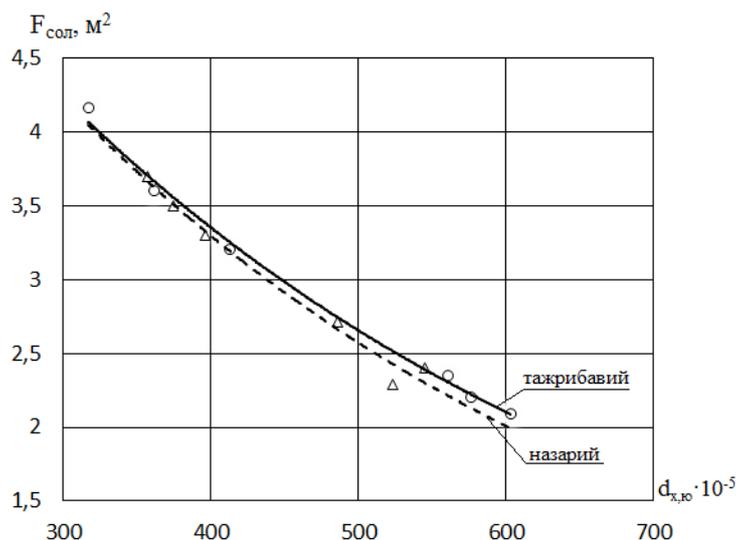
Олинган тажриба натижалари асосида, томчиларнинг хажмий-юзавий диаметрларини ҳисоблаш учун тавсия этилган (12) эмприк тенглама куйидаги (16) кўринишга келтирилди:

$$d_{x,yo} = \frac{3,3 \cdot 10^{-6} (\sigma_o^{0,35} \cdot \varphi^{0,8})}{((w_2^H + w_2^T)^{0,2} / 2) \cdot t_{yp}^{0,45} \cdot \mu_{я}^{1,1}}, \quad (16)$$

бунда w_2^H —ички аралаштириш зонасидаги газ тезлиги, м/с; w_2^T — ташқи аралаштириш зонасидаги газ тезлиги, м/с.



15-расм. Газ сарфига боғлиқ ҳолда, томчилар хажмий-юзавий диаметрининг ўзгариш графиги



16-расм. Томчининг ҳажмий юзавий диаметрига боғлиқ ҳолда, фазалараро солиштирма юзасининг ўзгариш графиги

Тажрибавий тадқиқотлар натижасида томчиларнинг ҳажмий-юзавий диаметрлари аниқланди, натижалар қайта ишланиб назарий қийматлари билан таққосланиб график қурилди (15-расм.). Тажрибавий тадқиқотлар (16) эмпирик тенгламани тасдиқлади. Томчиларнинг ҳажмий-юзавий диаметрлари $d_{x,y}$ га боғлиқ ҳолда, солиштирма фазалараро контакт юзаларининг қийматлари аниқланди ва ЭХМ орқали қайта ишланиб регрессия тенгламаси олинди ва таққословчи график қурилди (16-расм).

Қурилманинг ташқи аралаштириш зонасига ўрнатилган, чўкмайдиган оғир суюқлик томчиларини ушлаб қолувчи филтрдан сизиб чиқаётган суюқлик тезлиги, қаршилик коэффициентларига боғлиқ. Қаршилик коэффициентларининг тажрибавий қийматларини аниқлаш учун 3 хил суюқлик танланди: 1. Сув, $\sigma=0,073$ н/м. 2. Чумоли кислотаси, $\sigma=0,038$ н/м. 3. Бутилацетат, $\sigma=0,0248$ н/м.

Сирт тарангликларига боғлиқ ҳолда қаршилик коэффициентларининг тажрибавий қийматлари аниқланди ва қайта ишланиб, график қурилди (17-расм).

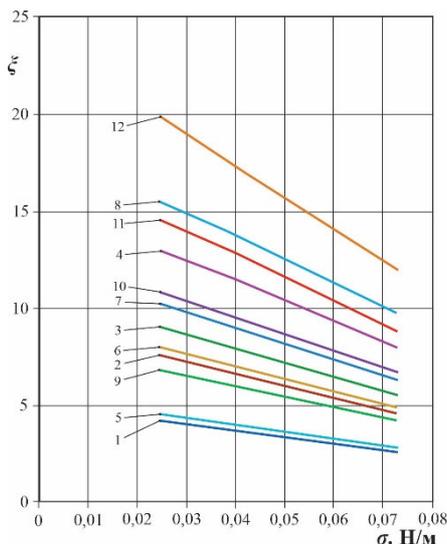
Тажриба натижаларига таянган ҳолда қаршилик коэффициентларини аниқловчи қуйидаги эмпирик тенглама олинди:

$$\xi_{\phi} = \frac{S_{\phi}}{\Delta K S_T} \quad (17)$$

бунда S_{ϕ} – шиша толали филтрнинг солиштирма юзаси, m^2 ; S_T – филтър ўрнатиладиган тешик юзаси, m^2 ; ΔK –тўғрилаш коэффициенти.

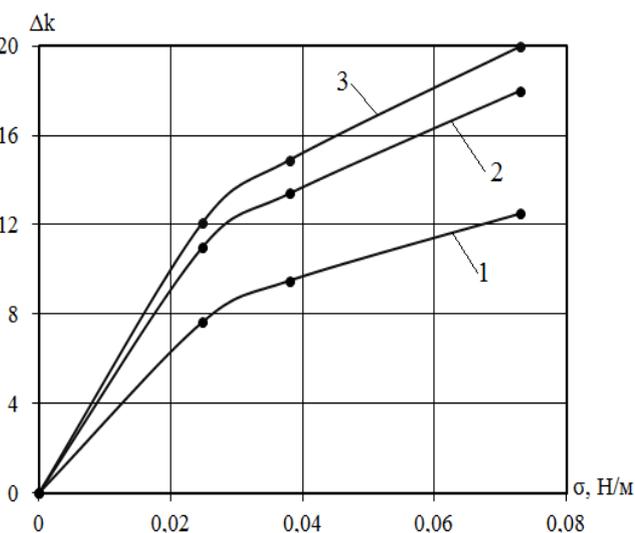
Суюқликларнинг сирт тарангликларига боғлиқ ҳолда тўғрилаш коэффициенти ΔK нинг тажрибавий қийматлари аниқланди ва қайта ишланиб, график қурилди (18-расм).

Филтърнинг қаршилик коэффициентларига ва суюқлик аралашмалари зичликларига ҳамда ташқи аралаштириш зонасидаги газ миқдори қийматига боғлиқ ҳолда, суюқликларнинг филтрдан сизиб чиқиш тезлиги ва сарфининг тажрибавий қийматлари аниқланди (3-расм).



1. $S_{\phi}=0,0339 \text{ м}^2$
2. $S_{\phi}=0,0565 \text{ м}^2$
3. $S_{\phi}=0,0791 \text{ м}^2$
4. $S_{\phi}=0,01 \text{ м}^2$
- Таянч сетка $\frac{\delta}{a} = \frac{0,25}{1,2} = 0,21;$
5. $S_{\phi}=0,0339 \text{ м}^2$
6. $S_{\phi}=0,0565 \text{ м}^2$
7. $S_{\phi}=0,0791 \text{ м}^2$
8. $S_{\phi}=0,01 \text{ м}^2$
- Таянч сетка $\frac{\delta}{a} = \frac{0,2}{0,8} = 0,25;$
9. $S_{\phi}=0,0339 \text{ м}^2$
10. $S_{\phi}=0,0565 \text{ м}^2$
11. $S_{\phi}=0,0791 \text{ м}^2$
12. $S_{\phi}=0,01 \text{ м}^2$
- Таянч сетка $\frac{\delta}{a} = \frac{0,25}{1,2} = 0,21;$

17-расм. Сууюқлик сирт таранглигининг ўзгаришига боғлиқ ҳолда қаршилик коэффициентининг ўзгариш графиги



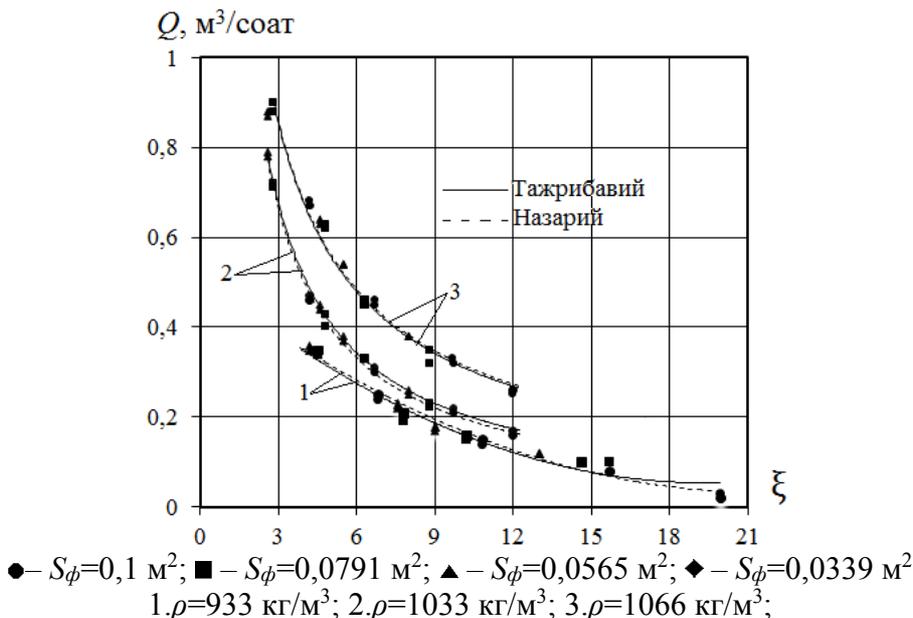
1. $\frac{\delta}{a} = \frac{0,08}{0,25} = 0,32;$
2. $\frac{\delta}{a} = \frac{0,2}{0,8} = 0,25;$
3. $\frac{\delta}{a} = \frac{0,25}{1,2} = 0,21;$

18-расм. Сууюқлик сирт тарангликларига боғлиқ ҳолда тузатиш коэффициентининг ўзгариш графиги

Тажрибавий қийматлар қайта ишланди ва (13) тенглама орқали унинг назарий қийматлари ҳисобланиб, тажрибавий қийматлари билан таққосланди. (13) тенгламага тўғрилаш коэффициенти Δb нинг қийматлари аниқланди ва тенглама қуйидаги кўринишга келтирилди:

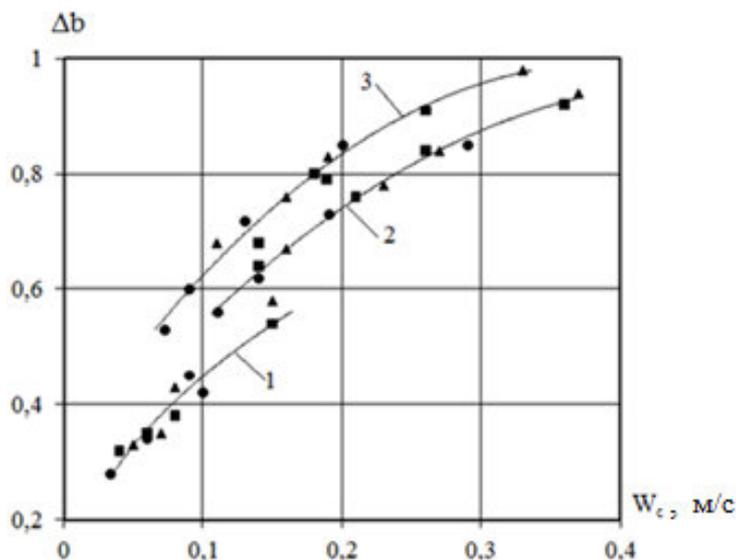
$$\omega_c = \Delta b \sqrt{\frac{2gh(\rho_{ap} - \rho) \cdot (1 - \phi)}{\xi \cdot \rho_{ap}}} \quad (18)$$

Бу тенглама ёрдамида сууюқликни филтрдан оқиб чиқиш тезлиги ва унга боғлиқ ҳолда филтрнинг сууюқлик ўтказувчанлик қобилияти аниқланиб, тажрибавий қийматлари билан таққосланди ва график курилди (19-расм).



19-расм. Филтрнинг қаршилик коэффициентига боғлиқ ҳолда сууюқлик ўтказувчанлик қобилиятининг ўзгариш графиги

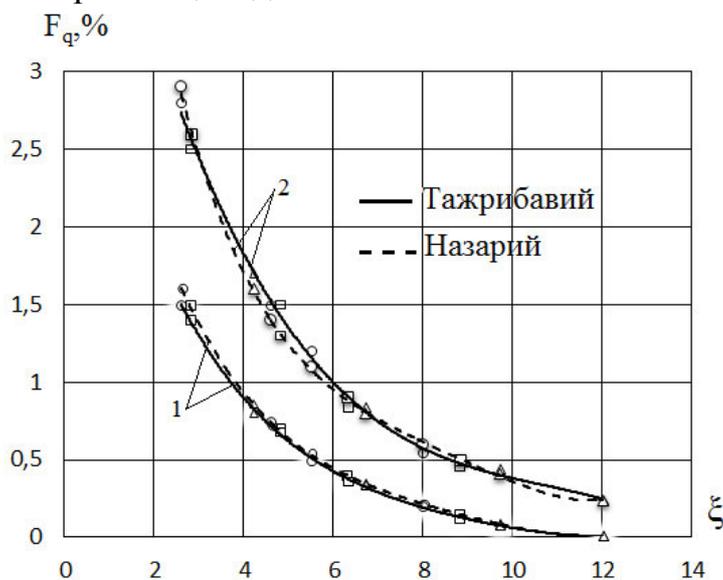
Олиб борилган назарий ва тажрибавий тадқиқотлар натижаларига кўра филтрдан сизиб чиқаётган суюқлик тезликларининг назарий ва тажрибавий қийматлари орасидаги фарқларга кўра, суюқлик тезлигининг ўзгаришига боғлиқ ҳолда, тўғрилаш коэффициенти Δb ни ўзгариш графиги қурилди (20-расм).



● — $S_{\phi}=0,1 \text{ м}^2$; ■ — $S_{\phi}=0,0791 \text{ м}^2$; ▲ — $S_{\phi}=0,0565 \text{ м}^2$; ◆ — $S_{\phi}=0,0339 \text{ м}^2$
 1. $\rho=933 \text{ кг/м}^3$; 2. $\rho=1033 \text{ кг/м}^3$; 3. $\rho=1066 \text{ кг/м}^3$;

20-расм. Суюқлик тезлигининг ўзгаришига боғлиқ ҳолда тузатиш коэффициентининг ўзгариш графиги

Филтрнинг қаршилик коэффициентларига ва суюқлик ва газ тезликларига ҳамда оғир суюқлик қовушқоқликларига боғлиқ ҳолда, шиша толали филтрнинг чўкмайдиган оғир суюқлик томчиларини филтрлаш қобилиятининг тажрибавий қийматлари аниқланди.



1) $\sigma=0,073 \text{ Н/м}$, $w_{я}=0,011 \text{ м/с-const}$; 2) $\sigma=0,073 \text{ Н/м}$, $w_{я}=0,0148 \text{ м/с-const}$.

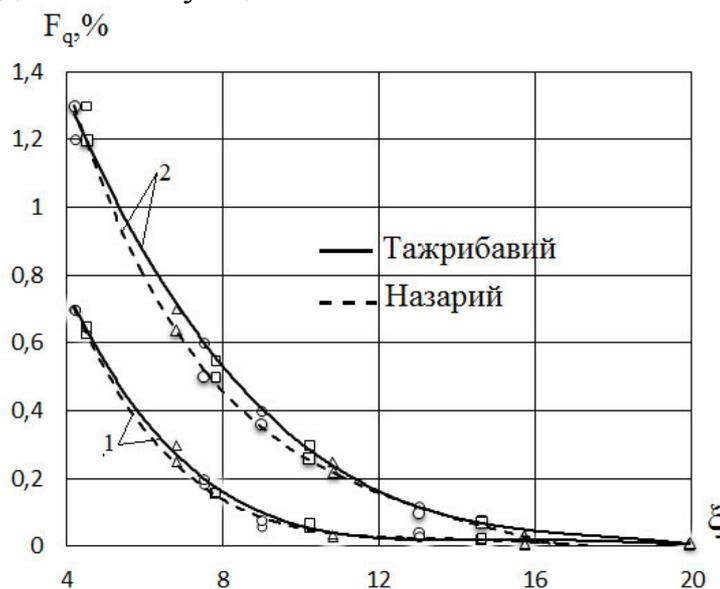
21-расм. Филтрнинг қаршилик коэффициентига боғлиқ ҳолда филтрлаш қобилиятининг ўзгариши

Таянч сетка ўлчамларида: ● — $a=1,2 \text{ мм}$, $\delta=0,25 \text{ мм}$; ■ — $a=0,08 \text{ мм}$, $\delta=0,2 \text{ мм}$,
 ▲ — $a=0,08 \text{ мм}$, $\delta=0,2 \text{ мм}$

Тажриба натижаларига таянган ҳолда, шиша толали фильтрнинг фильтрлаш қобилиятини аниқловчи (19) эмпирик тенглама олинди ва назарий ва тажрибавий қийматлар таққосланиб графиклар курилди (21,22-расмлар):

$$F_g = \frac{(\Delta\rho_\phi \cdot \Delta\omega_\Gamma^{1,5} \cdot \omega_C^{1,5})}{\xi \cdot \mu} - 0,5, \quad (19)$$

бунда: $\Delta\rho_\phi$ – оғир ва ялпи фазалар зичликлари фарқи, кг/м^3 ; $\Delta\rho_\phi = \rho_o - \rho_\gamma$; $\Delta\omega_\Gamma$ – ички ва ташқи аралаштириш зоналаридаги газ тезликларининг ўртача қиймати, м/с . Бу тезлик қуйидагича аниқланади, $\Delta\omega_\Gamma = (\omega_\Gamma^H + \omega_\Gamma^T)/2$ м/с ; $\Delta\omega_C$ – курилманинг тиндириш зонасидаги ялпи суюқлик тезлиги.



1) $\sigma=0,0248$ Н/м , $w_\gamma=0,011$ м/с-const ; 2) $\sigma=0,0248$ Н/м , $w_\gamma=0,0148$ м/с-const .

22-расм. Филтранинг қаршилик коэффициентига боғлиқ ҳолда филтрлаш қобилиятининг ўзгариши

Диссертация ишининг «Барботажли экстракторда массаалмашинув жараёнлари» деб номланган тўртинчи бобида, массаалмашинув жараёнларининг назарий асослари ва курилмадаги массаалмашинув жараёнини ўрганиш бўйича ўтказилган тажрибавий тадқиқотлар натижалари келтирилган. Барботажли экстракторнинг самарадорлиги унинг поғонаси Ф.И.К билан баҳоланади ва қуйидагича аниқланади:

$$\eta = 1 - e^{-A}, \quad (20)$$

бунда A – мақсадли моддани ажратиб олиш даражаси бўлиб, қуйидагича аниқланади:

$$A = \frac{(mV_\gamma + V_\delta) \cdot V_p \cdot K_{vy}}{V_\gamma \cdot V_\delta}, \quad (21)$$

бунда m – тақсимланиш коэффициенти, V_γ – битта аралаштириш элементига бериладиган ялпи фаза сарфи, $\text{м}^3/\text{с}$; V_δ – битта аралаштириш элементига бериладиган дисперс фаза сарфи, $\text{м}^3/\text{с}$; V_p – битта аралаштириш элементининг ишчи ҳажми, м^3 , K_{vy} – ҳажмий массаузатиш коэффициенти, с^{-1} .

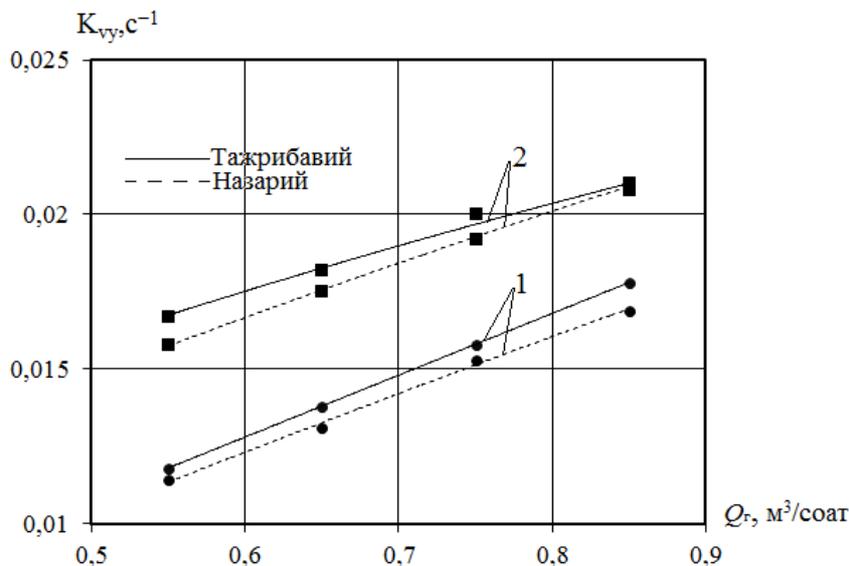
Ҳажмий массаузатиш коэффициенти K_{vy} нинг қийматини аниқловчи тенглама тавсия этилди:

$$K_{vy} = 2,11 \cdot 10^{-6} \frac{(w_z^u \cdot w_z^T)^{0,25} \cdot \varphi}{\tau \cdot \sigma_\phi^{0,8} \cdot \mu_a^{0,8} \cdot \mu_o^{0,8}}, \quad (22)$$

бунда τ -суюқлик фазаларининг қурилма аралаштириш зоналарига келиш вақти, с; σ_ϕ -фазалараро таранглик, Н/м; μ_o - дисперс фаза қовушқоқлиги, Па·с;

Барботажли экстракторда массаалмашинув жараёнларини тадқиқ қилиш учун тажриба қурилмаси «Fargonaazot»АЖ нинг Сирка Ангидрид ва Сирка Кирка кислотаси Регенерацияси цехига ўрнатилиб, корхона буюртмаси асосида бутилацетат ва этилацетат суюқликлари таркибидан сирка кислотасини сув билан экстракцион ювиш бўйича тажрибавий тадқиқотлар олиб борилди.

Тажриба қурилмасига бутилацетат-сув 3:1 нисбатда узатилди. Биринчи тажрибада ювиш учун олинган аралашма таркибидаги бутилацетат концентрацияси БА=90%, сирка кислотаси концентрацияси эса 10%. Бутилацетат сарфи $Q=0,23$ м³/соат, сув сарфи эса $Q=0,075$ м³/соат. Иккинчи тажрибада ювиш учун олинган аралашма таркибидаги бутилацетат концентрацияси 93%, сирка кислотаси концентрацияси эса 6,7%. Бутилацетат сарфи $Q=0,31$ м³/соат, сув сарфи эса $Q=0,105$ м³/соат.

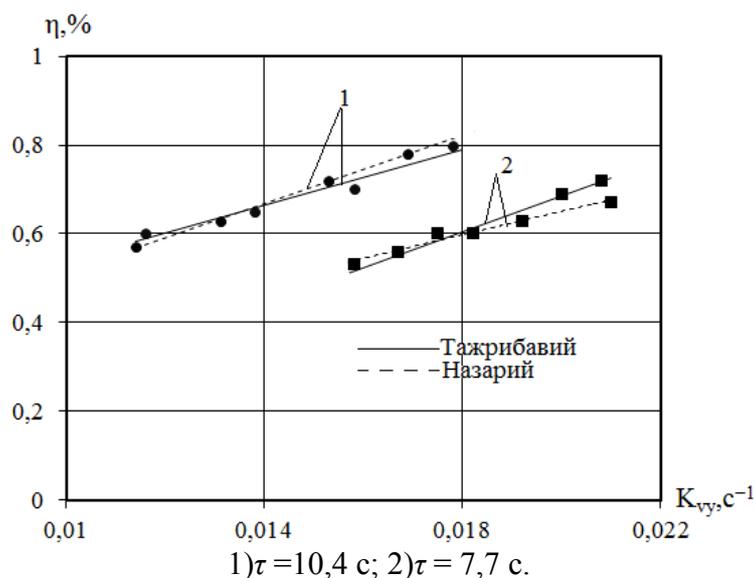


1) $\tau = 10,4$ с, 2) $\tau = 7,7$ с.

23-расм. K_{vy} нинг Q_r га боғлиқлиги

Қурилманинг аралаштириш зоналарига газ сарфлари $Q=0,85, 0,75, 0,65, 0,55$ м³/соат, қийматларда 0,1 м³/соат қадам билан берилиб, ҳар бир газ сарфида сирка кислотаси концентрациясини талаб даражасида тозалаш учун, поғоналарнинг ҳажмий массаузатиш коэффициенти K_{vy} ва фойдали иш коэффициенти η нинг назарий ва тажрибавий қийматлари аниқланди. Тажрибавий қийматлар ЭХМ ёрдамида қайта ишланиб, назарий қийматлари билан таққосланди ва боғлиқлик графиклари қурилди (23,24-расмлар).

Ўтказилган тажрибавий тадқиқотлар назарий тадқиқотларни тўла тасдиқлади. Бутилацетат ва этилацетат суюқлигини талаб даражасида БА-99%, ЭА-99% тозалаш, 5 та поғонали барботажли экстракторда самарали амалга оширилиши исботланди.



24-расм. η нинг K_{vy} га боғлиқлиги

Олиб борилган тажрибавий тадқиқотлар натижаларига таянган ҳолда, ҳажмий масса узатиш коэффициентини ҳисоблашни соддалаштириш учун, дисперс фаза томчиларининг солиштирма контакт юзалари F_{col} га, газ пуфакларининг аралаштирувчи солиштирма контакт юзалари Σa_s га ҳамда суюқлик фазаларини қурилманинг аралаштириш зоналарига келиш вақти τ га, ва аралаштириш вақти t_{yp} га боғлиқ ҳолда ҳисоблаш учун, қуйидаги эмпирик тенглама олинди:

$$K_{vy} = 0,54 \frac{F_{col}}{\Sigma a_s} \cdot (\tau \cdot t_{yp})^{-1} \quad (23)$$

Диссертация ишининг «**Барботажли экстракторни саноатда қўллаш**» деб номланган 5-бобида, ўтказилган назарий ва тажрибавий тадқиқотлар натижалари асосида, барботажли экстракторнинг саноат қурилмаси лойиҳаланди. «Fargonaazot» АЖ нинг СА ва СКР цехидаги бутилацетат ва этилацетат ишлаб чиқариш бўлимларига жорий этилди. Лойиҳаланган беш поғонали барботажли экстракторнинг техник тавсифи ва конструкцион чизмалари ҳамда бутилацетат ва этилацетатни барботажли экстракторда ювиш узелининг технологик схемалари келтирилган.

Барботажли экстракторни «FNQIZ» МСНЖ нинг №3 цехида фенол қурилмаларида ҳосил бўладиган фенолли оқава сувларини тозалашга жорий этиш бўйича, илмий-тадқиқот ишлари олиб борилди. Тажрибавий тадқиқот натижалари асосида оқава суви таркибидаги фенол концентрациясини 0,12 мг/л дан 0,0007 мг/л гача 3 поғонали барботажли экстракторда (стандарт ИСО 6439-90 бўйича РЕК-0,001 мг/л) тозаланиши исботланди ва барботажли экстракторнинг саноат қурилмаси лойиҳаланди. Уч поғонали барботажли экстракторнинг техник тавсифи ва конструкцион чизмалари келтирилган. Бундан ташқари барботажли экстракторни саноатнинг бошқа тармоқларида (биотехнологияда, гидрометаллургияда) қўллаш бўйича тавсиялар келтирилган.

ХУЛОСАЛАР

1. Гидродинамик ва масса алмашиниш жараёнлари жадаллаштирилган барботажли экстракторнинг янги конструкцияси тавсия этилди.

2. Назарий тадқиқотлар натижасида газ ёстиғи баландлигини, ҳажмий газ микдорларини, аралаштириш зоналарига газ узатувчи тешик диаметрлари нисбатини, ташқи барботаж патрубкиси диаметрини, газ узатувчи тешиклардан чиқаётган пуфаклар диаметрларини ва фазалараро контакт юзаларини, ички аралаштириш зонасига берилаётган оғир суюқлик тезлигини, фильтридан оқиб чиқаётган суюқлик тезлигини, фильтрининг оғир фаза томчиларини филтрлаш қобилиятини аниқлаш имконини берувчи тенгламалар тавсия этилди.

3. «С-С-Г» тизимида масса алмашинув жараёнлари жадал гидродинамик режимларда, оғир фаза томчиларининг майдаланиши ва ўлчамлари бўйича тақсимланишини ўрганиш асосида, томчилар ва газ пуфакларининг диаметрлари, фазалараро контакт юзалари ва ҳажмий масса узатиш коэффициентлари аниқланди. Натижада барботаж қатламида томчиларни майдалаш ва ўлчамлари бўйича тақсимланиш механизми ва масса алмашиниш моделлари тавсия этилди.

4. Тажрибавий изланишларда газ тезлиги параллел оқимларда 0,13 м/с, қарама-қарши оқимларда 0,08 м/с да юқори самарадорликка эгаллиги изоҳланади.

5. Оптимал гидродинамик режимларда экстракторда масса алмашиниш жараёни аралашма ва экстрагент сарфи нисбатлари 3:1 бўлганда, ажратиш 94-90% дан 99,75% гача ортишига, яъни масса алмашиниш даражаси $5 \div 9,9\%$ га кўтарилиши билан бирга, экстрагент сарфини 10 мартабага камайиши тавсия этилди.

6. Олиб борилган илмий тадқиқот натижалари асосида жадал ишловчи ва юқори самарадор барботажли экстракторни лойиҳалашнинг муҳандислик услублари тавсия этилди.

7. «Fargonaazot» АЖ нинг СА ва СКР цехида бутилацетат ва этилацетат суюқликларини БА-90%, ЭА-94%дан стандарт талаби даражасига етказиш учун 5 поғонали барботажли экстракторда БА=99,75% ва ЭА=99,7% ювишга эришилди ва мавжуд экстракторларга нисбатан 3 баробар ихчам экстракторнинг саноат варианты лойиҳаланиб, ишлаб чиқаришга тавсия этилди.

8. Оқова суви таркибидаги фенол концентрациясини 0,12 мг/л дан талаб этилган концентрация 0,0007 мг/л гача бензол ёрдамида тозалаш учун 3 поғонали барботажли экстракторда тозалашга эришилди (стандарт ИСО 6439-90 бўйича РЕК-0,001 мг/л) ва экстрактор лойиҳаланиб, ишлаб чиқаришга тавсия этилди. Фенолли оқова сувларни тозалашнинг иқтисодий самарадорлиги 714,3 млн. сумни ташқил этиши ҳисоблаб чиқилди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ DSc. 03/30.12.2019. Т. ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАРИМОВ ИКРОМАЛИ ТОЖИМАТОВИЧ

**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ В ХИМИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ АППАРАТОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ
ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ «ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТЬ-ГАЗ»**

**02.00.16- «Процессы и аппараты химической технологии и производства
пищевых производств»**

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc) ДИССЕРТАЦИИ
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент - 2021

Тема докторской диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2020.4.DSc/T393

Диссертация выполнена в Ферганском политехническом институте.

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

Научный консультант:

Алиматов Баходир Абдуманнонович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Гуломов Шухрат Маннопович
доктор технических наук, профессор

Худойбердиев Абсалом Абдурасулович
доктор технических наук, доцент

Рахмонов Тойир Зойирович
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация:

Бухарский инженерно-технологический институт

Защита состоится «__» _____ 2021 г. в «__» часов на заседании разового научного совета на основе научного совета по присуждению ученой степени доктора наук DSc.03/30.12.2019.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: 100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-20; факс (99871) 244-79-17; e-mail: tkti@mail.uz.

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № ____, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (100011, г. Ташкент, ул. Навои 32). Тел.: (99871) 244-79-20; факс (99871) 244-79-17.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2021 года
(реестр протокола рассылки № __ от «__» _____ 2021 года)

Туробжонов С.М.
Председатель Научного совета по присуждению
ученой степени, д.х.н., проф.

Х.И.Кадиров
Ученый секретарь Научного совета по присуждению
ученой степени, д.х.н., проф.

К.О.Додаев
Председатель Научного семинара при научном совете
по присуждению ученой степени, д.х.н., проф.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящие дни и во всем мире процессы жидкостной экстракции широко используются в химической, нефтеперерабатывающей, пищевой, гидрометаллургической, фармацевтической и других отраслях промышленности. Поэтому, применяя поток инертных газов для смешивания жидких фаз, важно создать высокопроизводительные и со способностью экстрагирования, с высокой интенсивностью, компактные, энергоэффективные экстракторы.

В мире ведутся исследования по созданию новых конструкций высокоэффективных экстракторов для процессов жидкостной экстракции, увеличению поверхности контакта жидких фаз и ускорению процесса смешивания. В связи с этим особое внимание уделяется использованию энергии сжатого газа, химически инертного по отношению к жидкостям, дроблению капель на физико-химические свойства жидких фаз и совершенствованию моделей массопереноса. Актуальным становится создание новой серии экстракторов с возможностью снижения расхода и стабильности экстрагентов в ступенях устройства, а также уменьшение количества ступеней, высокой эффективности металла и энергосберегающих, компактных, способных к экстракции различных жидкостей.

В последние годы в нашей стране проводятся исследования, направленные на внедрение энергоресурсосберегающих технологий для переработки сырья в химической и пищевой промышленности, увеличение производства и расширение ассортимента продукции в соответствии с международными стандартами. В третьем направлении Стратегии развития Республики Узбекистан «определены задачи по широкому применению ресурсных и энергосберегающих технологий на практике, по выводу отрасли на качественно новый уровень, ее модернизации и диверсификации за счет бурного развития перерабатывающих отраслей, ориентированных на производство готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки местного сырья»¹. В этой связи в химической и пищевой промышленности важное значение имеет проведение научно-исследовательских работ по переводу процесса экстракции на эффективные методы и аппараты - тарельчатые, насадочные, механические, вибрационные и пульсационные перемешивание.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениями Президента Республики Узбекистан от 23 августа 2017 года ПП-3236 «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы» ПП-3983

¹Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года УП-4947 – О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан.

от 25 сентября 2018 года «Об ускоренном развитии химической промышленности в Республике Узбекистан», № ПП-3956 от 3 октября 2018 года «О дополнительных мерах по совершенствованию системы государственного управления в сфере экологии и охраны окружающей среды» а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением VII. "Химические технологии и нанотехнологии» развития науки и технологий в республике".

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации².

Научные исследования, направленные на процессы жидкостной экстракции и создание современного оборудования, осуществлялись в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе: Massachusetts Institute of Technology (United State), Peking University (China), Technical University of Denmark (Germany), Kyoto University (Japan), Pierre and Marie Curie University (France), Pohang University of Science and Technology (POSTECH) (South Korea), Indian Institute of Science (India), University of Montreal (Canada), в основных крупных научных центрах России: в Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова АН России, в Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева, в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте (техническом университете), в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова, в Институте химии и химической технологии Сибирского отделения АН России в Красноярске, Институте органической химии АН Украины в Киеве, в Белорусском технологическом университете в Минске, в Научно-исследовательском институте общей и неорганической химии АН Узбекистана, Ташкентском химико-технологическом институте и в Ферганском политехническом институте и др.

В результате проведённых исследований в мире по созданию и усовершенствованию конструкций экстракторов, работающих в гетерогенной среде с системой «Ж-Ж-Г», получен ряд научных результатов, в том числе: создан коробчатый пневматический экстрактор-смеситель и путем экстракции трибутилфосфатомиза водных растворов получены плутоний и уран (University of Montreal, Canada), усовершенствована новая конструкция барботажного экстрактора колонного типа для разделения ядерного топлива (Massachusetts Institute of Technology, США); создан многоступенчатый барботажный экстрактор коробчатого типа и внедрена в практику очистка ксилола от уксусной кислоты (АН РФ Институт общей и неорганической

²Обзор результатов научных исследований по теме диссертации выполнен на основании: (<https://www.mit.edu/>), <http://english.pku.edu.cn/>, <https://www.dtu.dk/english>, <https://www.kyoto-u.ac.jp/en>, <https://www.iisc.ac.in/>, <https://www.study.eu/university/upmc-university-pierre-and-marie-curie>, <https://www.qut.edu.au/study/science-technology-engineering-and-maths/engineering>, <http://www.igic.ras.ru/>, <http://ioch.kiev.ua/institut/istoriya-instituta>, <https://www.umontreal.ca/en/>, <https://muctr.ru/>, <https://ksc.krasn.ru/Institutes/icct/>, <http://www.psu.ru/>, <https://sutd.ru/>, и др.

химии им.Н.С.Курнакова, Россия); создан коробчатый барботажный экстрактор для использования в микробиологии и фармацевтике (Санкт-Петербургский государственный технологический институт, Россия), созданы новые конструкции многоступенчатых барботажных экстракторов колонного типа (Санкт-Петербургский государственный технологический институт, Россия, Белорусский технологический институт, Белоруссия, Ферганский политехнический институт, Узбекистан).

В мире проводятся научно-исследовательские работы по созданию и совершенствованию новых конструкций барботажных экстракторов для смешивания жидкостей с инертными газами, в том числе: научное обоснование влияния режимов течения экстрагента и инертного газа, подаваемого в экстрактор, на гидродинамические и массообменные процессы, совершенствование капельного дробящего механизма для экстракции жидкостей, разработка компактных гибких конструкций экстракторов, создание моделей массообменных процессов.

Степень изученности проблемы. В целях повышения эффективности процесса экстракции в гетерогенной среде «Ж-Ж-Г» в различных отраслях химической, пищевой и нефтеперерабатывающей промышленности, по созданию новых конструкций экстракционных аппаратов исследования проводили Р. Трейбал, Р. Прагт, З. Зюлковский, Г.М. Ритчи, Р. Пристли, А.В. Эшбрук, К. Хансон, Комасава Исао, Сейяку Танабэ К.К., Hashim M.A., Billet R., Diaz M., Mathers W.G., Winter E.T, Myers H.S., Mayeux S., Russel S.H., Fernandes J.B., Sharma M.M., Subbaraya K., Priestley R., Cornelis K., Trambouze P., Li Jingquan, Gu Yongan, В.В. Кафаров, П.Г. Романков, С.М. Карпачёва, Г.А. Ягодин, А.П. Зефилов, Б.Н. Ласкорин, В.Б. Тихомиров, И.П. Галкин, В.Н. Соколов, Б.И. Броунштейн, В.Г. Левич, А.М. Берестовой, С.Н. Булатов, В.М. Олевский, И.Н. Белоглазов, М.А. Розен, Ж.Д. Тритон, А.Е. Костанян, А.Г. Лаптев, Б.А. Алиматов, Н.Р. Юсупбеков, З.С. Салимов, С.А. Абдурахимов, Ш.М. Гулямов, Х.С. Нурмухаммедов, А.Х.Маматкулов, А.А.Худойбердиев и другие.

Результаты их исследовательских работ, такие как совершенствование конструкций жидкостных экстракторов, разработка теоретических основ гидродинамических и массообменных процессов в аппаратах, математическое моделирование, расчеты и методы проектирования аппаратов, были внедрены в промышленность.

На основе систематического анализа патентных исследований и опубликованной научной литературы по созданным барботажным экстракторам изучены их преимущества и недостатки, что требует проведения научных исследований по созданию новой конструкции барботажного экстрактора с высокой эффективностью экстракции, обеспечивающей интенсивную работу, увеличенное время перемешивания, полное осаждение капель тяжелой фазы путем фильтрации.

Связь диссертационного исследования с планами научно-

исследовательских работ высшего учебного заведения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом НИР Ферганского политехнического института №37/1272 доведения качества жидкостей «Бутилацетат» и «Этилацетат» на уровне промывки А-марка (2018-2020) и НИС-12-18 в рамках хозяйственного договора «Исследование и применение процесса барботажного перемешивания для повышения эффективности массообменных процессов в экстракторе» (2018-2020 гг.).

Целью исследования является создание новой конструкции барботажного экстрактора для обработки гетерогенной среды в системе «Ж-Ж-Г»

Задачи исследования:

изучение влияния на эффективный контакт жидких фаз, изменения в широком диапазоне параметров, воздействующих на гидродинамику процесса экстракции;

создание уравнений для расчета гидродинамических процессов в устройстве;

создание моделей и механизмов, учитывающих факторы интенсификации в системе «жидкость-жидкость-газ»;

определение влияния гидродинамических параметров на процессы массопереноса в экстракторе;

увеличение массообмена за счет установления эффективного контакта фаз и определения эффективности ступеней;

создание инженерной методики проектирования устройства на основе полученных высокоточных уравнений, а также данных, отображающих процесс экстракции;

проектирование высокопроизводительной барботажной экстракционной колонны с применением инженерных методов процесса экстракции в системе «жидкость-жидкость-газ»;

разработка новой конструкции барботажного экстрактора с ускоренными гидродинамическими и массообменными процессами и создание экспериментальной установки;

Объектом исследования являются процессы промывки бутелацетата и этилацетата в цехах УА и РУК АО «Fargonaazot», фенольные сточные воды ООО «ФНПЗ» и конструкция многоступенчатого барботажного экстрактора в виде вертикальной колонны.

Предметом исследования является определение закономерностей гидродинамических и массообменных процессов барботажного экстрактора и показателей их взаимосвязи, инженерных методов проектирования устройств.

Методы исследования. В диссертации использованы методы гидравлики, гидродинамики, химии, математики, планирования экспериментов, математической статистики, а также стандартное определение физико-химических свойств жидкостей и газов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

созданы гидродинамические уравнения, позволяющие рассчитывать рабочие параметры барботажного процесса при параллельном и встречном режимах течения жидкости и газа в зонах смешения экстрактора;

гидродинамическое и массообменные процессы в барботажном слое усовершенствованы модели дробления капель и массообмена;

гидродинамика и массообменные процессы усовершенствованы в модели дробления капель и массообмена в барботажном слое;

определены объемный коэффициент массопереноса, КПД и количество ступеней устройства в зависимости от контактных поверхностей пузырьков и капель в оптимальном режиме процесса экстракции;

в оптимальных гидродинамических режимах установки и в процессе массопереноса при соотношении расхода экстрагента со смесью 3:1 разделение увеличилось с 94 ÷ 90% до 99,75%, т.е. массоперенос увеличился также на 5, ÷ 9,9%, достигнуто снижение расхода экстрагента в 10 раз;

разработаны инженерные методы проектирования высокоэффективного барботажного экстрактора на основе результатов экспериментов и созданных уравнений;

создана новая конструкция барботажного экстрактора с высокоэффективным ускорением гидродинамических и массообменных процессов;

за счет ускорения процесса экстракции разработан проект компактной барботажной экстракционной колонны, высотой в 3 раза меньше высоты экстракторов, используемых в промышленности.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

по результатам теоретических и экспериментальных исследований гидродинамических процессов в зонах смешения барботажного экстрактора при различных режимах течения жидкостей и газа разработаны инженерные методики расчета основных рабочих параметров;

в зависимости от гидродинамических процессов в зонах смешения барботажного экстрактора и физико-химических свойств жидкостей разработана методика расчета объемного коэффициента массопередачи;

спроектирован 5-ступенчатый промышленный вариант барботажного экстрактора для экстракционной промывки бутилацетата и этилацетата водой, а также 3-ступенчатый барботажный экстрактор для очистки фенольных сточных вод бензолом с доведением качества продуктов до стандартных требований.

Достоверность результатов исследований объясняется тем, что исследования проводились с использованием современных методик и средств измерений, так как при теоретическом обосновании основных параметров барботажного экстрактора использованы методы гидравлики, гидродинамики, физики, химии, математической статистики, обусловленные взаимной адекватностью результатов теоретических и прикладных исследований, положительными результатами экспериментальных испытаний и внедрением в практику устройства, созданного на основе проведенных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования определяется разработкой методов расчета основных рабочих параметров устройства на основе изучения гидродинамических и массообменных процессов барботажных экстракторов, используемых для сложных гетерогенных сред в системе «Ж-Ж-Г».

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что при применении разработанной новой конструкции барботажного экстрактора за счет фильтрации капель тяжелой фазы, не оседающих на фильтре, установленном в аппарате, обеспечивается стабильный расход экстрагента в ступенях за счет ускорения перемешивания жидких фаз, увеличения удельной контактной поверхности капель тяжелой фазы, снижения расхода экстрагента, повышения эффективности аппарата в процессе экстракции.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, полученных при разработке устройств для обработки сложных гетерогенных систем «Ж-Ж-Г» и их применении в химической промышленности:

на АО "Fargonaazot" для производства бутилацетата внедрен 5-ступенчатый барботажный экстрактор (справка АО "O'zkiymosanoat N 243251 от 12 августа 2020 года). Результат позволил снизить расход экстрагента в 10 раз и получить бутилацетат чистоты 99,75%, соответствующий стандартным требованиям (марка А ГОСТ8981-78, БА-99%);

на АО «Fargonaazot» внедрен в процесс производства этилацетата 5-ступенчатый барботажный экстрактор (справка АО«O'zkiymosanoat» № 24-3251 от 12 августа 2020 года). Результат позволил снизить расход экстрагента в 10 раз и получить этилацетат с показателем промывки 99,7%, соответствующий требованиям стандарта (марка А ГОСТ8981-78, ЕА-99%);

внедрена в ООО «ФНПЗ» очистка сточных вод от концентрации фенола с помощью 3-х ступенчатого барботажного экстрактора (справка Государственного комитета Республики Узбекистан по экологии и охране окружающей среды от 30 октября 2020 года № 01-02/8-2586). Это позволило очистить концентрацию фенола в сточных водах до допустимой нормы (ПДК-0,001 мг/л, по стандарту ИСО 6439-90).

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 8 международных и 16 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 39 научных работ, из них 2 монографии, 13 статей, в том числе 2 в международных журналах, 11 научных работ в рекомендованных Высшей Аттестационной комиссией Республики Узбекистан научных журналах, в т.ч. 9 статей в республиканских и 2 в зарубежных научных журналах.

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

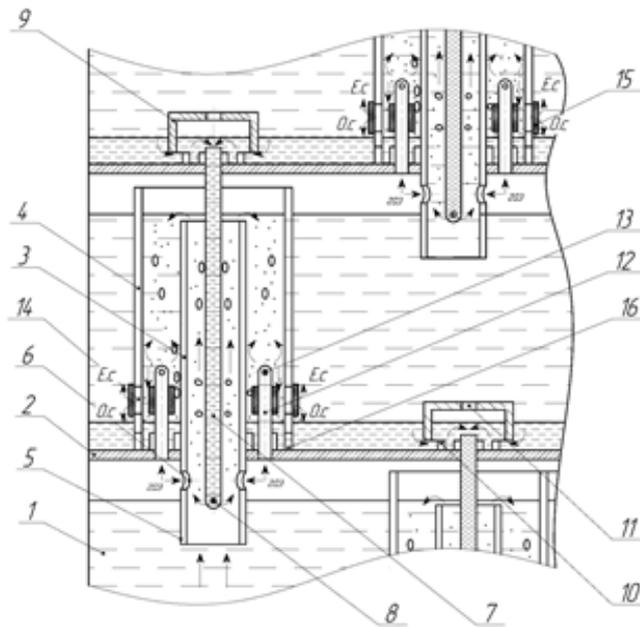
Во введении обосновываются актуальность и востребованность проведенных исследований, сформулированы цель и задачи, охарактеризован объект и предмет исследования, показано соответствие работы приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложена научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта их научная и практическая значимость, приводятся сведения по внедрению в практику результатов исследования, апробации результатов работы, опубликованным работам и структуре диссертации.

Первая глава диссертации, названная **«Аппараты для переработки систем Ж-Ж-Г для гетерогенных сред»**, содержит общие сведения о гетерогенных средах в системе «Ж-Ж-Г». Описаны способы смешивания жидких фаз их преимущества с использованием инертного газа при осуществлении процесса экстракции в простых и сложных гетерогенных системах. Дана классификация дисперсных систем в гетерогенных средах и основные требования к экстракционным аппаратам. Описана классификация устройств для обработки гетерогенных сред в системе "Ж-Ж-Г". Проанализированы конструкции барботажных экстракторов в соответствии с этой классификацией. В результате анализа конструктивного строения и принципов работы колонных аппаратов и коробчатых видов барботажных экстракторов изучены основные их недостатки. На основании этого поставлена задача научно-исследовательской работы.

В результате исследований разработана новая конструкция многоступенчатого барботажного экстрактора, позволяющая увеличить время перемешивания жидких фаз и повысить эффективность процесса экстракции путём фильтрации неосаждающихся капель тяжёлой фазы (рис. 1.).

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Теоретические основы гидродинамических процессов барботажного экстрактора для обработки гетерогенных систем «Ж-Ж-Г»** приведены теоретические основы гидродинамических процессов в зонах смешения предлагаемого фильтробарботажного экстрактора.

Работа экстрактора в стабильном гидродинамическом режиме зависит от равномерного распределения инертного газа во внутреннем барботажном патрубке 3 и в кольцевом канале, образованном между внутренним 3 и внешним патрубками 4 (рис.1). Это, в свою очередь, характеризуется спецификой гидродинамического режима работы аппарата. Во-первых, во внутреннем барботажном патрубке 3 смесь жидкостей и инертный газ движутся в режиме прямотока, а в кольцевом канале между внутренним 3 и внешним 4 патрубками они движутся в противоточном направлении.



1 – корпус аппарата, 2 – ограждение, 3 – патрубок внутреннего барботажа, 4 – патрубок внешнего барботажа, 5 – газораспределительная насадка, 6 – отверстие для подачи газа, 7 – патрубок для слива тяжелой жидкости, 8 – отверстие для слива тяжелой жидкости, 9 – крышка, 10 – нижнее отверстие, 11 – верхнее отверстие, 12 – патрубок для подачи газа во внешнюю зону смешивания, 13 – отверстие для подачи газа, 14 – отверстие для крепления фильтра, 15 – фильтр, 16 – отверстие для перемещения тяжелой жидкости.

Рис.1. Фильтрный барботажный экстрактор

При выполнении вышеуказанного условия считается важным значение образования высоты газовой подушки h под перегородкой 2 (рис2).

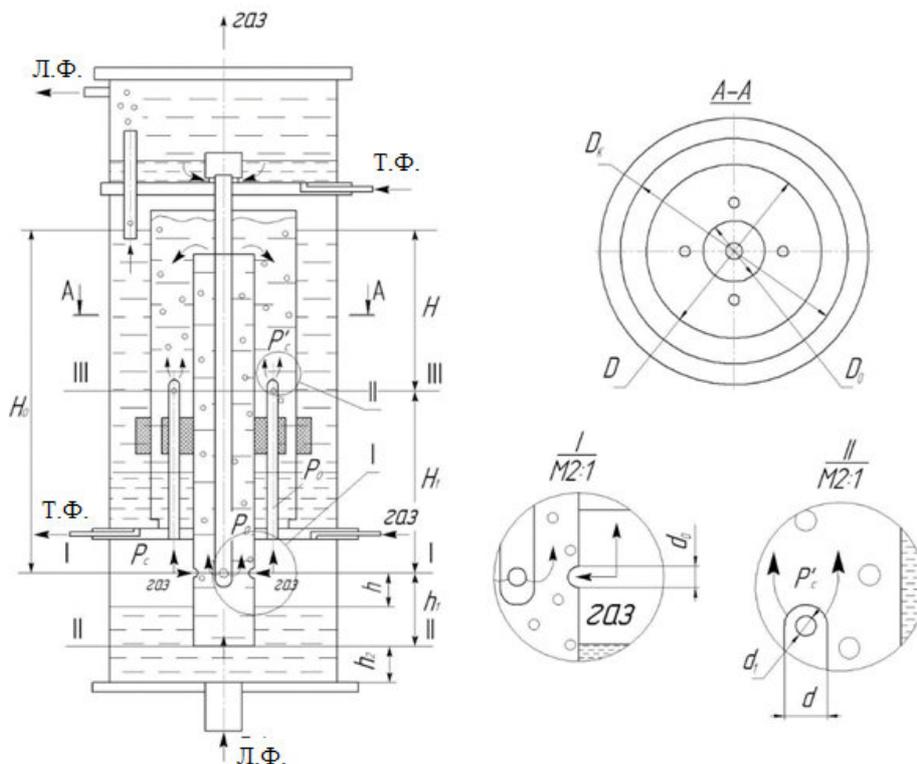


Рис. 2. Схема расчета газовой подушки

В этих целях проведены теоретические исследования и получено уравнение для расчёта высоты газовой подушки:

$$h = \frac{(\xi_0 w_0^2 \rho_r + 2 \rho_c g (1 - \varphi_1) H) - (\xi_1 w_1^2 \rho_r + \xi_{ex} w_c^2 \cdot \rho_c)}{2g(\rho_c - \rho_r)} \quad (1)$$

Для обеспечения равномерности интенсивного смешивания жидких фаз во внутреннем 3 и кольцевом канале, образованном между внутренним 3 и внешним 4 патрубками, получено уравнение для расчета расходной скорости газа, выходящего из отверстий 6 и 13.

Скорость газа в отверстиях подачи газа во внутреннюю зону смешения определяется по следующему уравнению:

$$w_0 = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{2hg\Delta\rho_c(1-\varphi_0)H_0 + 2\xi_{ex}\rho_c w_c^2(1-\varphi_1)H}{2\xi_0\rho_r(1-\varphi_1)H}} \quad (2)$$

Скорость газа, выходящего из отверстий для подачи газа во внешнюю зону смешения определяется по следующему уравнению:

$$w_1 = \sqrt{\frac{(\xi_0 w_0^2 \rho_r + 2 \rho_c g (1 - \varphi_1) H) - (2g(\rho_c - \rho_r)h + \xi_{ex} w_c^2 \rho_c)}{\xi_1 \rho_r}}, \quad (3)$$

где h -величина высоты газовой подушки, м; ξ_0 и ξ_1 -коэффициенты сопротивления отверстий в трубах, подающих газ во внутренний барботажный патрубок и кольцевой канал. w_0 -расходная скорость газа, выходящего из отверстий во внутреннем барботажном патрубке, м/с; w_1 -расходная скорость газа, выходящего из отверстий в патрубках для подачи газа в кольцевой канал, м/с; ρ_r -плотность газа, кг/м³; $\rho_{ж}$ - плотность жидкости, кг/м³; φ_1 -газосодержание в жидкости, движущейся во внешней зоне смешивания; H -высота внешней зоны смешивания, м; H_0 -высота внутренней зоны смешивания, м; φ_0 -газосодержание в жидкости, движущейся во внутренней зоне смешивания; ξ_{ex} -коэффициент сопротивления жидкости при входе в барботажный патрубок; w_c -расходная скорость жидкости в барботажном патрубке, м/с; $\Delta\rho$ -плотность смеси, кг/м³;

Рекомендованы следующие уравнения для определения значений газосодержания φ_0 и φ_1 во внутренней и внешней зонах смешивания аппарата:

для проточного движения потоков жидкости и инертного газа

$$\varphi_0 = (1 - 0,04 w'_c) \varphi' \quad (4)$$

для противоточного движения потоков жидкости и инертного газа

$$\varphi_1 = (1 + 0,04 w''_c) \varphi' \quad (5)$$

где w'_c и w''_c – расходные скорости жидкости в барботажном патрубке и кольцевом канале, м/с; φ' – количество газосодержания в покоящейся жидкости, которое определяется следующим уравнением:

$$\varphi_c = 2,47 \cdot w_r^{0,97}, \quad (6)$$

где w_r – скорость газа в зонах смешения, м/с.

Получено уравнение для определения соотношения диаметров отверстий для равномерного распределения газа по зонам смешивания (рис. 2):

$$N = \frac{d_1}{d_0} = \frac{\rho g (1 - \varphi_1) H}{\rho g (1 - \varphi_0) H_0}, \quad (7)$$

где d_1 – диаметр отверстия для подачи газа во внешнюю зону смешивания, мм; d_0 – диаметр отверстия для подачи газа во внутреннюю зону смешивания, мм.

Движение жидких смесей и газа во внешней зоне смешивания аппарата имеет противоположное направление, что вызывает увеличение газосодержания φ_1 . Равенство значений газосодержания во внутренней и внешней зонах $\varphi_0 = \varphi_1$ обеспечивает режим смешивания равномерной интенсивности. Это, в свою очередь, требует правильного выбора диаметра внешнего барботажного патрубка (рис. 2). С учетом этого условия, получено уравнение для определения размера внешнего барботажного патрубка:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{K \cdot \pi \cdot a \cdot \varphi_1 (1 - \varphi_1) \cdot 3600} + D_0^2}, \quad (8)$$

где Q – расход экстрагируемой жидкости, м³/ч; a – коэффициент, соответствующий скорости отдельного пузырька ($a = 20 \div 32$ см/с); D_0 – диаметр внутренней зоны смешивания, м; K – коэффициент размерности, учитывающий скорость жидкости.

Эффективное перемешивание жидких фаз во внутренней и внешней зонах зависит от диаметра пузырьков инертного газа, выходящих из отверстий. Небольшой размер пузырьков газа при предельном значении газосодержания, приводит к увеличению их удельных поверхностей межфазного контакта смешивания (рис. 3).

В результате эффективность процесса массообмена увеличивается. Для реакторов высотой 1 ÷ 4 м предложены следующие уравнения, определяющие диаметр пузырька:

$$d = 3 \sqrt{\frac{6d_0\sigma}{g(p_{ж} - p_{г})}} \quad (9)$$

$$d_n = 1,53 \sqrt{\frac{d_0\sigma}{\Delta\rho g}}, \quad (10)$$

где g -ускорение свободного падения, м/с²; σ – поверхностное натяжение жидкости, Н/м;

$$w_0 = \sqrt{\frac{2g(\rho_0 \cdot H_2 - \rho_{ap} \cdot (1 - \phi_0))H_0}{\xi_0 \rho_0}}, \quad (11)$$

где H_2 -высота тяжелой жидкости до центра отверстия, м; ρ_0 – плотность тяжелой жидкости, кг/м³; ρ_{ap} -плотности смесей лёгких и тяжёлых жидкостей, кг/м³; ξ -коэффициент сопротивления отверстия.

Для правильной подачи соотношения фаз легкой и тяжелой жидкостей в зоне смешения получено уравнение, определяющее скорость истечения тяжелой жидкости из отверстия в зависимости от величины газосодержания и коэффициентов сопротивления отверстия (рис.3):

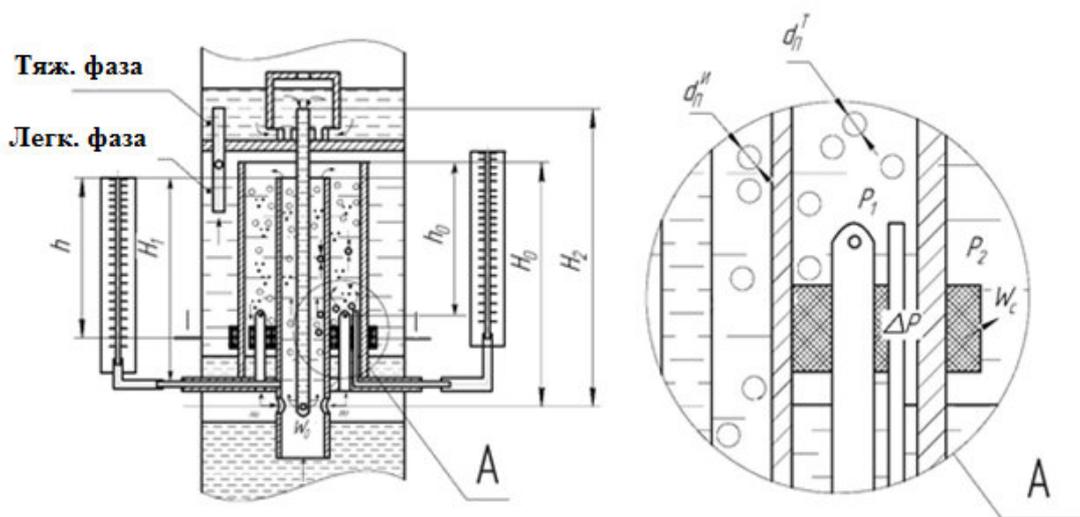


Рис. 3. Расчетная схема для определения размера пузырька, скорости течения тяжелой жидкости и расчет фильтра

Профессором Б.А. Алиматовым было изучено дробление и распределение капель тяжелой фазы при различных скоростях жидкости и газа в барботажном экстракторе с одной зоной смешения и предложено следующее эмпирическое уравнение для определения объемно-поверхностного диаметра капель:

$$d_{x10} = \frac{6,7 \cdot 10^{-6} (\sigma_o^{0,35} \cdot \varphi_d^{0,8})}{(\omega_z^{0,2} \cdot t_{cp}^{0,45} \cdot \mu_{я}^{1,1})}, \quad (12)$$

где σ_o -поверхностное натяжение тяжелой жидкости, Н/м; φ_d - объемная доля дисперсной фазы, %; t_{cp} - среднее время перемешивания, с; $\mu_{я}$ -вязкость сплошной фазы, Па·с.

Получено уравнение для определения скорости вытекания жидкости из фильтра, улавливающего неосаждаемые капли тяжелой фазы, установленные во внешней зоне смешивания:

$$\omega_c = \sqrt{\frac{2gh(\rho_{см} - \rho) \cdot (1 - \varphi)}{\xi \cdot \rho_{см}}}, \quad (13)$$

где $\rho_{см}$ – плотность жидких смесей фазы, кг/м³; ξ_{φ} – коэффициент сопротивления фильтра, определяемый экспериментально.

В третьей главе диссертации, озаглавленной **«Проведение экспериментальных исследований в барботажном экстракторе»**, представлены результаты экспериментальных исследований при изучении гидродинамических процессов в зонах смешения барботажного экстрактора.

Экспериментальные исследования проводились на экспериментальной установке барботажного экстрактора (рис.4).

Экспериментальная установка работает следующим образом. Легкая жидкость подается из сосуда 15 во внутренний смесительный патрубок 4 с помощью насоса из нижней части газораспределения. Необходимое количество потока жидкости обеспечивается ротаметром РС-5 и регулируется вентилем 17. Наряду с легкой жидкостью в патрубок 4 через отверстия 6 подается также инертный газ. Для обеспечения равномерного входа подаваемой жидкости в смешивающие части аппарата создается газовая подушка h. Требуемое

значение высоты газовой подушки обеспечивается ротаметром 21 марки РС-3 с помощью вентиля 20 при помощи потока газа, подаваемого компрессором 19. Часть газа из газовой подушки подается в кольцевой канал через отверстие 8 в трубках 7. Высота газовой подушки наблюдается с помощью шкал на мерной бумажной ленте, прикрепленной к стеклянной трубке 1а. Как только легкая жидкость и инертный газ поступят в аппарат в требуемом количестве, тяжелая жидкость подается в патрубок 4 через отверстие 14 трубы 9. Поток тяжелой жидкости подается из резервуара 22, регулируется вентилем 23 и расход определяется с помощью ротаметра 24 марки РС-3а.

Крышка 13 установлена на верхнем конце трубы 9, чтобы тяжелая жидкость могла входить в зоны смешивания только при полном отстаивании. В результате легкая жидкая фаза, движется снизу вверх внутри барботажного патрубка 4, тяжелая жидкость, перетекающая через отверстие 14 трубы 9, движется вверх в направлении движения ее потока.

Тяжелая и легкая жидкие фазы интенсивно перемешиваются входящим из отверстия 6 газом в барботажном патрубке. В результате перемешивания жидких фаз газом, тяжелая жидкость диспергируется на капли. Смешанные жидкости попадают в кольцевой канал между патрубками 4 и 5 во время их движения, где они дополнительно перемешиваются с газом, выходящим через отверстие 8 в патрубке 7. Нижняя часть патрубка 5 установлена ниже отверстия 8 патрубка 7, что обеспечивает подачу газа только в кольцевой канал. Смешанные фазы жидкостей выходят через кольцевые каналы в осадительную зону аппарата. Эта зона образована между внешней стеклянной трубкой 1 и внутренним патрубком 5.

Видео камера 30 служит для определения диаметров капель осаждаемой тяжелой фазы. Стекловолоконный фильтр 29 установлен на патрубке 5, чтобы предотвратить смешивание неосаждающихся капель тяжелой фазы с легкой фазой. Фильтр улавливает капли тяжелой фазы с мелкими частицами, которые трудно отстаивать. В результате осаждения капель тяжелой фазы на поверхности секции фланца 2 образуется однородный слой.

Переработанная тяжелая жидкость сбрасывается в сосуд 26 посредством вентиля 25 через канал 11. Граница, разделяющая жидкие фазы, поддерживается с помощью вентиля 25. Легкая жидкость и газ выпускаются в верхнюю секцию через отверстие 6а в патрубке 4а. Там газ отделяется от легкой жидкости, а легкая жидкость переносится через канал 27 в сосуд 31.

Все металлические части экспериментальной установки изготовлены из стандартной стали X18H10T и X17H13M 2T. Для подачи жидкости в установку используется насос БЦНМ, для подачи газа использовался компрессор KB-10, а в цехах «Уксусной ангидрид и регенерация уксусной кислоты» АО «Ferganaazot» использовался сжатый воздух.

В экспериментах по изучению гидродинамических процессов аппарата в качестве легкой жидкости использовались бутилацетат, этилацетат, вода, а в качестве тяжелой жидкости вода, смеси различной плотности, приготовленные с добавлением бензола и 4-хлористого углерода.

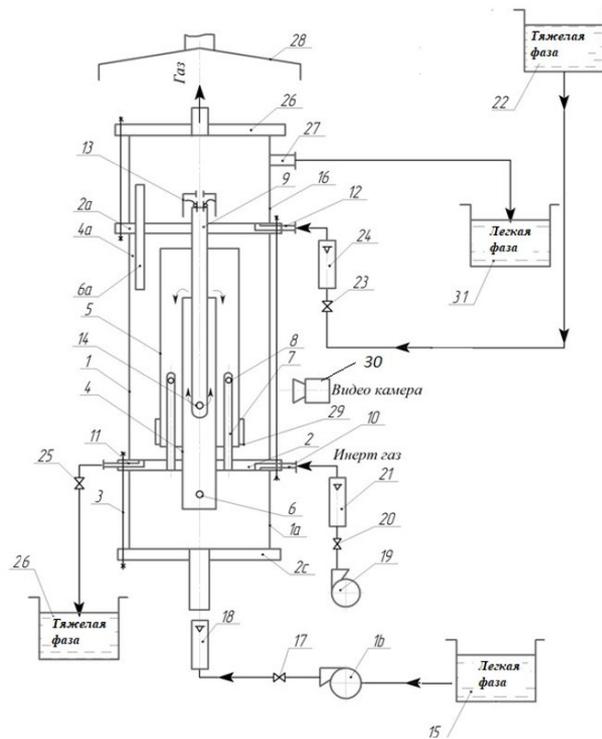
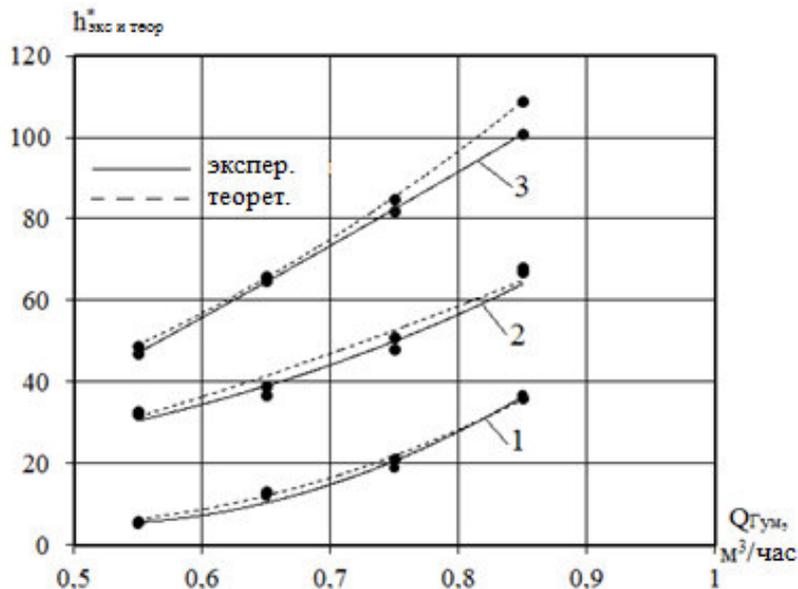


Рис. 4. Схема экспериментальной установки

Для экспериментального определения значения высота газовой подушки, технологические параметры установки изменялись в следующих пределах. Расстояние между отверстиями составляло $H_1=315; 240; 165$ мм. Диаметр газопроводящего отверстия $d_0=1,5$ мм; $d_1=0,6; 0,8; 1,0$ мм. Расход инертного газа $Q_{г}=0,15 \div 0,85$ м³/час, (с шагом 0,1 м³/час). Расход жидкости $Q_{ж}=0,07 \div 0,39$ м³/час (с шагом 0,08 м³/час).



1) $d_1=0,6$ мм; $H_1=315$ мм, 2) $d_1=0,8$ мм; $H_1=240$ мм, 3) $d_1=1,0$ мм; $H_1=165$ мм.

Рис. 5. Изменение газовой подушки в зависимости от расхода газа $d_0=1,5$ мм – const

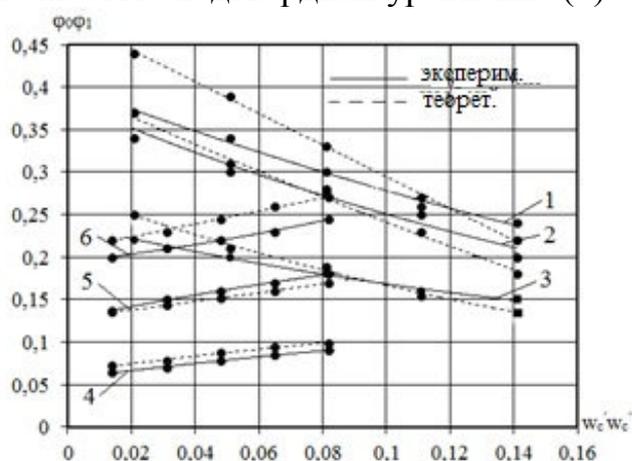
Результаты экспериментов по определению величины высоты газовой подушки обрабатывались с помощью ЭВМ. Получены уравнения регрессии для расчета высоты газовой подушки связанные с расходом газа. Построен график

с сопоставлением теоретических и экспериментальных значений (рис.5). Экспериментальные исследования полностью подтвердили уравнение (1).

На основании вышеуказанных технологических параметров были определены и обработаны экспериментальные значения величин газосодержания φ_0 и φ_1 во внутренней и внешней зонах смешения аппарата, получены уравнения регрессии и построен график, сравнивающий их с теоретическими значениями (рис. 6). На основании результатов эксперимента доказано, что для расчета скорости газа, выходящего из отверстий в газораспределительных устройствах аппарата, можно использовать уравнения (2) и (3), а уравнения (4), (5) и (6) для расчета количества газосодержаний в зонах смешения аппарата.

В зависимости от расстояния N_1 между отверстиями для подачи газа, проведены экспериментальные исследования по определению соотношения диаметров отверстий. Полученные экспериментальные результаты обработаны, получены уравнения регрессии и построен график сравнения теоретических значений (рис.7). Экспериментальные исследования полностью подтвердили уравнение (7).

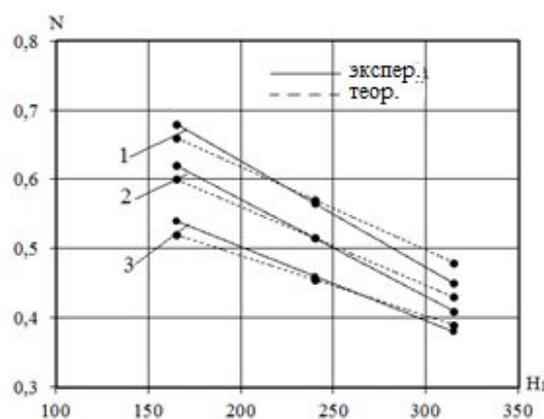
Для выполнения условия равенства газосодержаний $\varphi_0 = \varphi_1$ в противоположном направлении, жидкие фазы и потоки газа во внешней зоне смешения были определены экспериментальными значениями коэффициента размерности K , обработаны и нанесены на график (рис.8). Результаты экспериментов по определению размера внешней зоны смешения обработаны, и построен сравнительный график (рис.9). Проведенные эксперименты полностью подтвердили уравнение (8).



Во внутренней зоне смешивания
1- $H_1=315$ мм; 2- $H_1=240$ мм; 3- $H_1=165$ мм;

Во внешней зоне смешивания
4- $H_1=315$ мм; 5- $H_1=240$ мм; 6- $H_1=165$ мм;

Рис.6. Изменение количества газа в зависимости от скорости жидкости.



1. $w'_c = 0,021$; $w_c'' = 0,014$ м/с

2. $w'_c = 0,082$; $w_c'' = 0,05$ м/с

3. $w'_c = 0,14$; $w_c'' = 0,087$ м/с

Рис.7. Изменение соотношения диаметров в зависимости от изменения расстояния между отверстиями.

Результаты экспериментов по определению диаметров пузырьков в зонах смешения аппарата обработаны, и в ранее предложенных уравнениях (9) и (10) определены постоянные значения для исследуемого аппарата получаем

следующей вид (14) и (15), в результате построен сопоставительный график (рис.10):

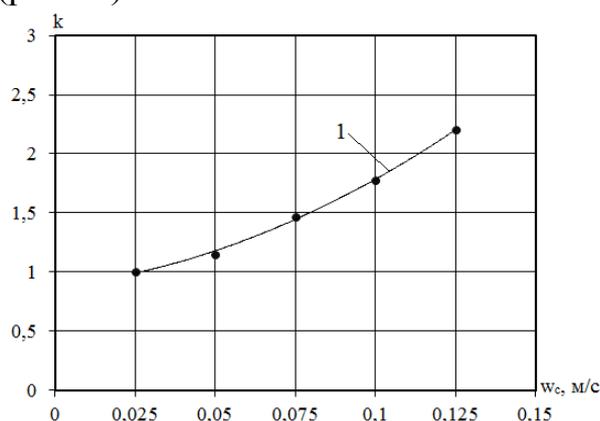


Рис. 8. $K = f(w_c)$ график изменения коэффициента меры в зависимости от изменения скорости жидкости.

$$d_n = 0,63 \sqrt[3]{\frac{6 \cdot d_0 \cdot \sigma}{g(\rho_c - \rho_e)}} \quad (14)$$

$$d_n = 1.125 \sqrt[3]{\frac{d_0 \sigma}{\Delta p g}} \quad (15)$$

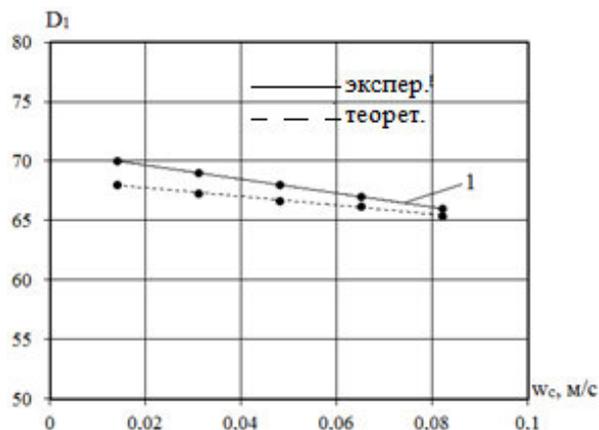
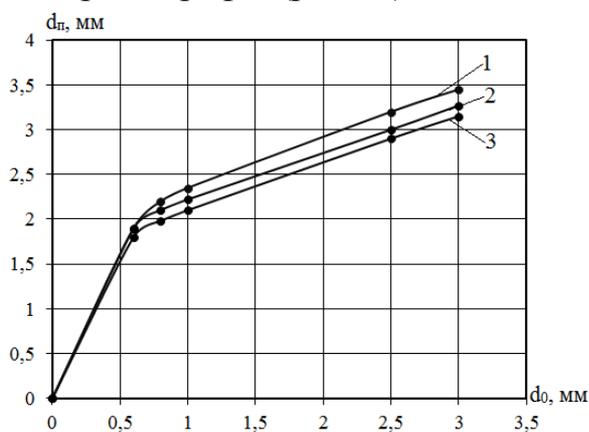


Рис.9. $D=f(w_c)$ График изменения размера кольцевого канала в зависимости от изменения скорости жидкости.

Для правильного выбора соотношения фаз лёгких и тяжёлых жидкостей определено экспериментальное значение коэффициента сопротивления отверстий для вытекания тяжёлых жидкостей из труб и в результате обработки и построен график(рис.11).



1. Экспериментальный. 2. По уравнению (14).
3. По уравнению (15)

Рис.10. График изменения диаметра пузыря в зависимости от изменения размера отверстия

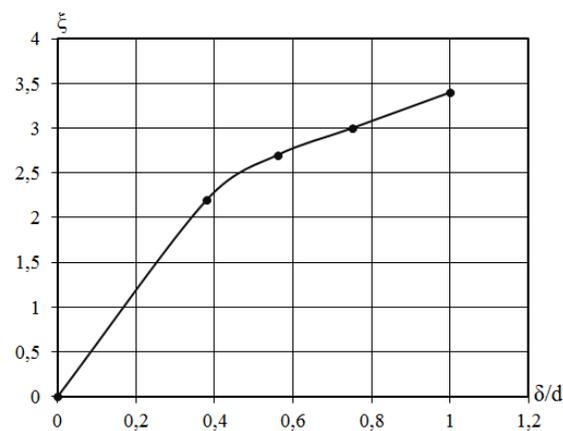
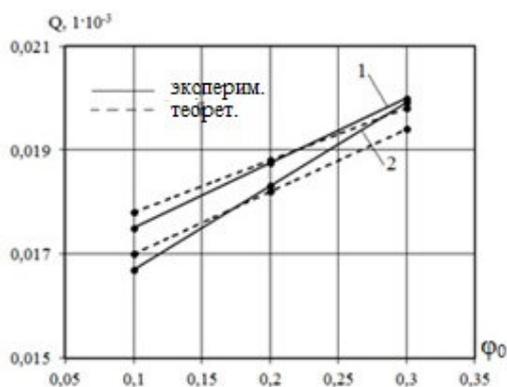


Рис.11. График изменения коэффициента сопротивления в зависимости от изменения толщины стенки отверстия и диаметра отверстия.

Определены экспериментальные значения скорости потока тяжелой жидкости в зависимости от изменения величины газосодержания во внутренней зоне смешения аппарата и построен сопоставительный график, сравнивающий его с теоретическими значениями (рис.12,13). Экспериментальные исследования полностью подтвердили уравнение (11).

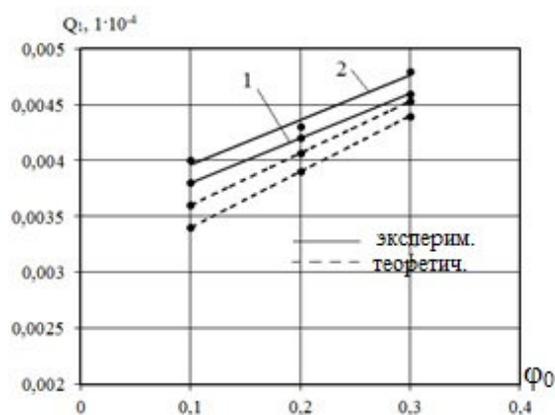


$\zeta = 2,7; w_c = 0,07 \text{ м/с, (const)}$.

1. $\rho_0 = 1200 \text{ кг/м}^3, \rho_{ap} = 1066 \text{ кг/м}^3;$

2. $\rho_0 = 1100 \text{ кг/м}^3, \rho_{ap} = 1033 \text{ кг/м}^3;$

Рис. 12. $Q = f(\varphi)$ График изменения расхода тяжелой жидкости в зависимости от изменения объема газосодержания (сравнительный график)



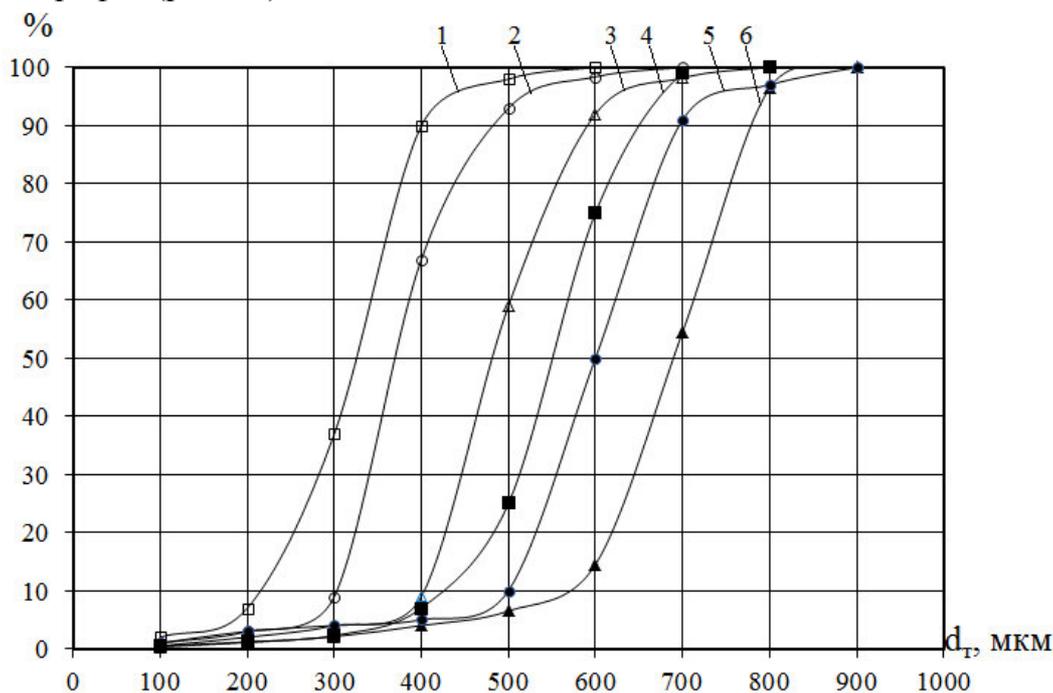
$\zeta = 3,4; w_c = 0,07 \text{ м/с, (const)}$.

1. $\rho_0 = 1200 \text{ кг/м}^3, \rho_{ap} = 1066 \text{ кг/м}^3;$

2. $\rho_0 = 1100 \text{ кг/м}^3, \rho_{ap} = 1033 \text{ кг/м}^3;$

Рис. 13. $Q = f(\varphi)$ График изменения расхода тяжелой жидкости в зависимости от изменения объема газосодержания (сравнительный график)

Экспериментально определены размеры измельчения капель тяжелой фазы и распределение их по размерам при различных скоростях жидкости и газа во внутренней и внешней зонах смешения. Полученные результаты обработаны и построен график (рис. 14).



$t_{cp} = 22 \text{ с}; w_{я}^H = 0,051 \text{ м/с}; w_{я}^T = 0,026 \text{ м/с};$

1. $w_2^H = 0,09 \text{ м/с}; w_2^T = 0,08 \text{ м/с};$

2. $w_2^H = 0,06 \text{ м/с}; w_2^T = 0,08 \text{ м/с};$

3. $w_2^H = 0,03 \text{ м/с}; w_2^T = 0,08 \text{ м/с}.$

$t_{cp} = 14 \text{ с}; w_{я}^H = 0,11 \text{ м/с}; w_{я}^T = 0,035 \text{ м/с};$

1. $w_2^H = 0,09 \text{ м/с}; w_2^T = 0,08 \text{ м/с};$

2. $w_2^H = 0,06 \text{ м/с}; w_2^T = 0,08 \text{ м/с};$

3. $w_2^H = 0,03 \text{ м/с}; w_2^T = 0,08 \text{ м/с}.$

Рис. 14. График распределения капель по размерам

На основании полученных результатов экспериментов уравнение (12), предложенное для расчета объемно-поверхностного диаметра капель, приведено к следующему виду:

$$d_{x,y} = \frac{3,3 \cdot 10^{-6} (\sigma^{0,35} \cdot \varphi^{0,8})}{((w_2^H + w_2^T)^{0,2} / 2) \cdot t_{cp}^{0,45} \cdot \mu_{\text{я}}^{1,1}}, \quad (16)$$

где w_2^H - скорость газа во внутренней зоне смешения, м/с; w_2^T - скорость газа во внешней зоне смешения, м/с.

По экспериментальным исследованиям определены объемно-поверхностные диаметры капель, обработаны результаты и построен сопоставительный график между экспериментальными и теоретическими значениями (рис. 15). Экспериментальные исследования подтвердили эмпирическое уравнение (16). В зависимости от объемно-поверхностных диаметров капель $d_{x,y}$ определены значения удельных поверхностей межфазного контакта, обработкой на ЭВМ получено уравнение регрессии и построен сравнительный график (рис. 16).

Скорость вытекания жидкости из фильтра, установленного во внешней зоне смешения устройства (уравнение 13), зависит от коэффициентов сопротивления. Для определения экспериментальных значений коэффициентов сопротивления были выбраны 3 разные жидкости. 1. Вода, $\sigma = 0,073$ н/м; 2. Муравьиная кислота, $\sigma = 0,038$ н/м; 3. Бутилацетат, $\sigma = 0,0248$ н/м.

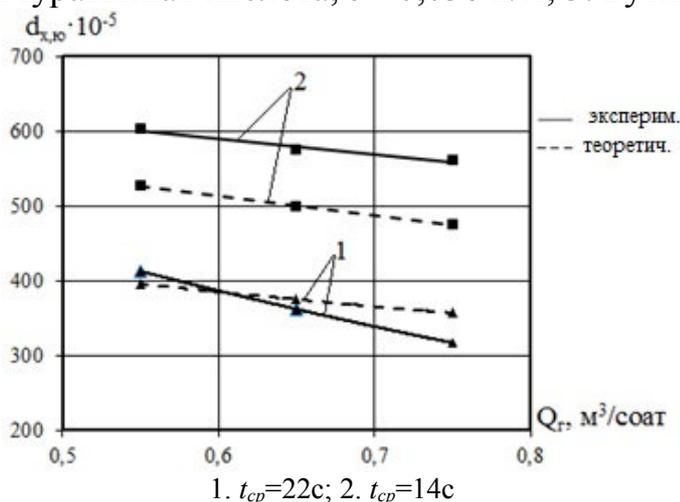


Рис. 15. График изменения объемно-поверхностного диаметра капель в зависимости от расхода газа

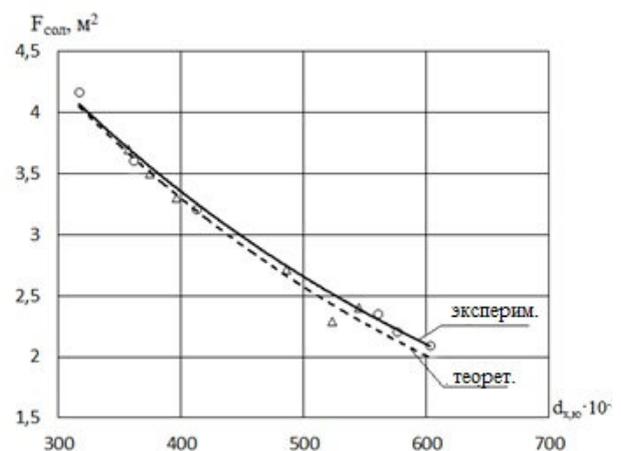


Рис. 16. График изменения удельной межфазной поверхности в зависимости от объемно-поверхностного диаметра капли

Определены экспериментальные значения коэффициентов сопротивления в зависимости от поверхностного натяжения; полученные результаты были обработаны и построен график (рис.17).

Основываясь на результатах экспериментальных исследований получено эмпирическое уравнение для определения коэффициентов сопротивления фильтра:

$$\xi_{\phi} = \frac{S_{\phi}}{\Delta K S_T} \quad (17)$$

где S_{ϕ} -удельная площадь поверхности стекловолоконного фильтра, м²; S_T -площадь установленного отверстия фильтра, м²; ΔK -поправочный коэффициент.

Определены и обработаны экспериментальные значения поправочного коэффициента ΔK в зависимости от поверхностного натяжения жидкостей и построен график (рис. 18).

В зависимости от коэффициентов сопротивления фильтра, плотности жидких смесей и величины газосодержания во внешней зоне смешения определены экспериментальные значения скорости потока жидкости из фильтра и его расхода (рис.3). Экспериментальные значения обработаны и теоретические значения рассчитаны с использованием уравнения (13) и сопоставлены с указанными экспериментальными значениями. С помощью этого уравнения определены скорость потока жидкости из фильтра и связанная с этим проводимость жидкостей фильтром, все это и сопоставлено с экспериментальными значениями и построен график (рис. 19). Затем уравнение приведено к следующему виду:

$$\omega_c = \Delta b \sqrt{\frac{2gh(\rho_{см} - \rho) \cdot (1 - \varphi)}{\xi \cdot \rho_{см}}} \quad (18)$$

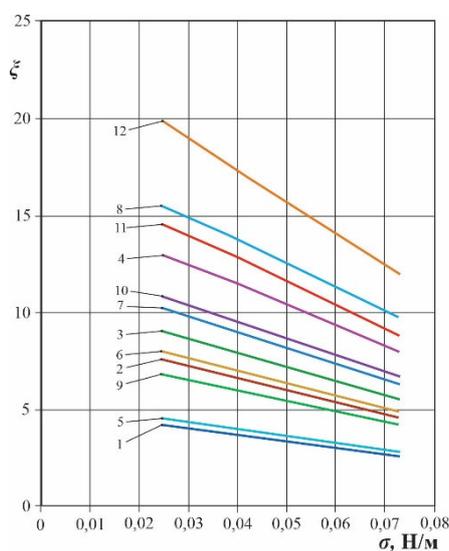


Рис. 17. График изменения коэффициента сопротивления в зависимости от изменения поверхностного натяжения жидкости

- 1. $S_{\phi}=0,0339 \text{ м}^2$
- 2. $S_{\phi}=0,0565 \text{ м}^2$
- 3. $S_{\phi}=0,0791 \text{ м}^2$
- 4. $S_{\phi}=0,01 \text{ м}^2$
- Опорная сетка
 $\frac{\delta}{a} = \frac{0,25}{1,2} = 0,21;$
- 5. $S_{\phi}=0,0339 \text{ м}^2$
- 6. $S_{\phi}=0,0565 \text{ м}^2$
- 7. $S_{\phi}=0,0791 \text{ м}^2$
- 8. $S_{\phi}=0,01 \text{ м}^2$
- Опорная сетка
 $\frac{\delta}{a} = \frac{0,2}{0,8} = 0,25;$
- 9. $S_{\phi}=0,0339 \text{ м}^2$
- 10. $S_{\phi}=0,0565 \text{ м}^2$
- 11. $S_{\phi}=0,0791 \text{ м}^2$
- 12. $S_{\phi}=0,01 \text{ м}^2$
- Опорная сетка
 $\frac{\delta}{a} = \frac{0,25}{1,2} = 0,21;$

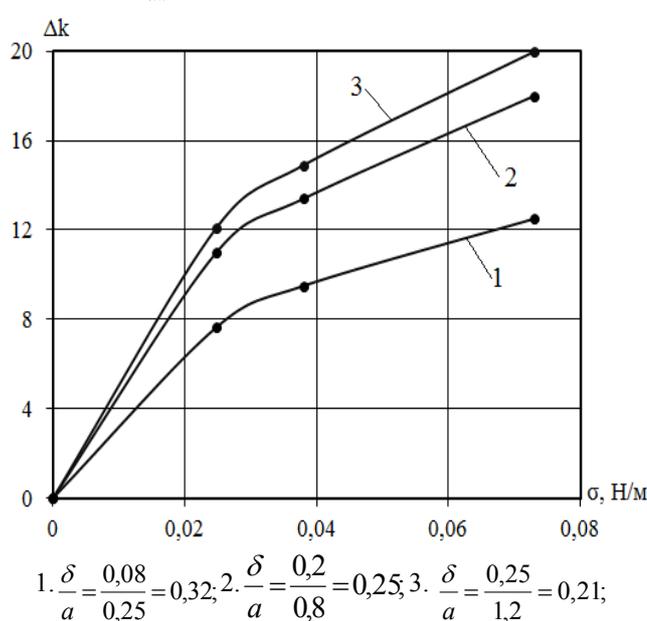
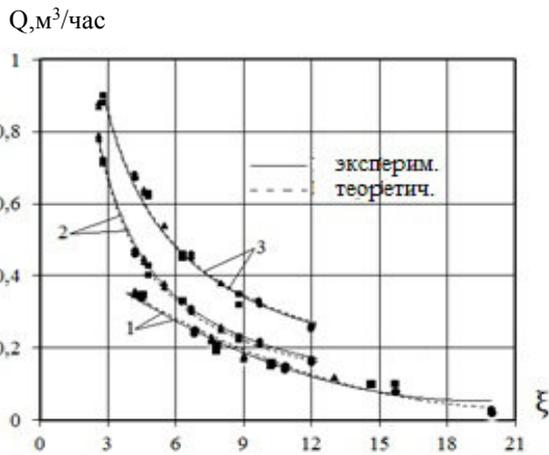


Рис. 18. График изменения поправочного коэффициента в зависимости от поверхностного натяжения жидкости

По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований построен график изменения поправочного коэффициента Δb в зависимости от изменения скорости жидкости по разности теоретических и экспериментальных значений скоростей жидкости, протекающей через фильтр (рис.20).

В зависимости от коэффициентов сопротивления фильтра и скоростей жидкости и газа, а также вязкостей для тяжелых жидкостей были определены экспериментальные значения фильтрующей способности стекловолоконного фильтра для фильтрации неоседающих капель тяжелой жидкости.



● – $S_{\phi}=0,1\text{м}^2$; ■ – $S_{\phi}=0,0791\text{м}^2$; ▲ – $S_{\phi}=0,0565\text{м}^2$; ◆ – $S_{\phi}=0,0339\text{м}^2$
 1. $\rho=933\text{кг/м}^3$; 2. $\rho=1033\text{кг/м}^3$; 3. $\rho=1066\text{кг/м}^3$

Рис. 19. График изменения расхода жидкости в зависимости от коэффициента сопротивления фильтра.

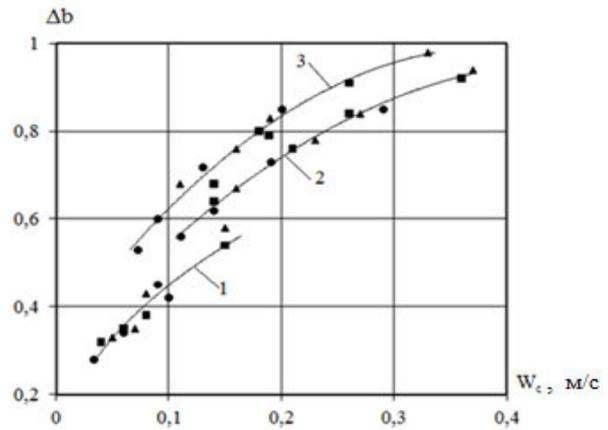
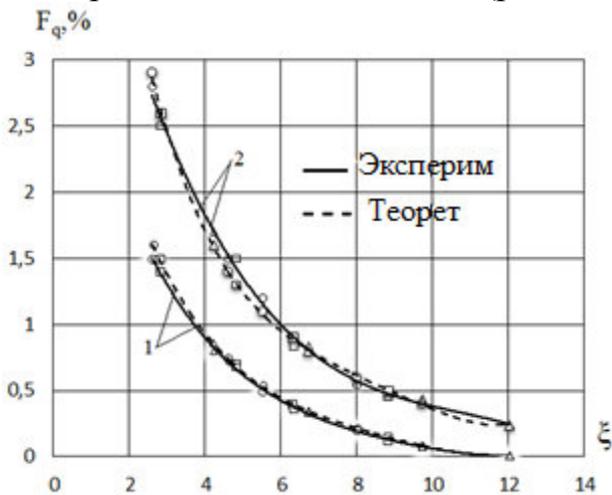


Рис. 20. График изменения поправочного коэффициента в зависимости от изменения скорости жидкости

На основании результатов эксперимента получено эмпирическое уравнение (19) для определения фильтрующей способности фильтра из стекловолкна, и построены графики, сравнивающие теоретические и экспериментальные значения (рис. 21,22):

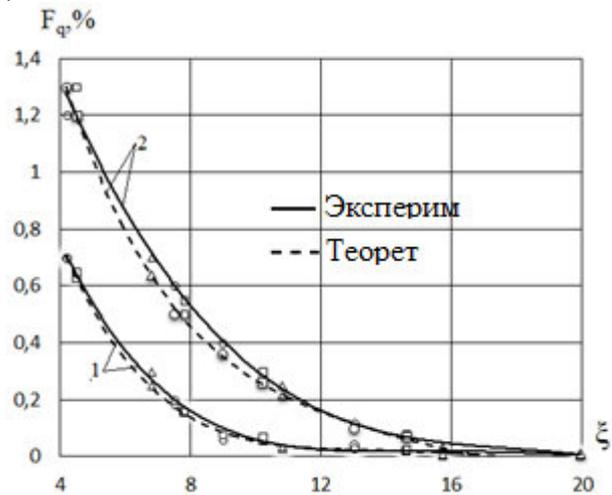


1) $\sigma=0,073\text{ Н/м}$, $w_{я}=0,011\text{ м/с-const}$;
 2) $\sigma=0,073\text{ Н/м}$, $w_{я}=0,0148\text{ м/с-const}$.

В размерах опорной сетки:

◆- $a=1,2\text{мм}$, $\delta=0,25\text{мм}$; ■- $a=0,08\text{мм}$, $\delta=0,2\text{мм}$; ▲- $a=0,08\text{мм}$, $\delta=0,2\text{мм}$.

Рис. 21. Изменение фильтрующей способности в зависимости от коэффициента сопротивления фильтра.



1) $\sigma=0,0248\text{ Н/м}$, $w_{я}=0,011\text{ м/с-const}$;
 2) $\sigma=0,0248\text{ Н/м}$, $w_{я}=0,0148\text{ м/с-const}$.

Рис.22.Изменение фильтрующей способности в зависимости от коэффициента сопротивления фильтра

$$F_g = \frac{(\Delta\rho_{\phi} \cdot \Delta\omega_{\Gamma}^{1,5} \cdot \omega_C^{1,5})}{\xi_{\phi} \cdot \mu} - 0,5, \quad (19)$$

где $\Delta\rho_{\phi}$ – разница плотностей тяжелой и легкой фаз, кг/м^3 ; $\Delta\rho_{\phi}=\rho_0-\rho_{я}$; $\Delta\omega_{\Gamma}$ – среднее значение скоростей газа во внутренней и внешней зонах

смешения, м/с. Эта скорость определяется следующим образом: $\Delta\omega_r = (\omega_r^u + \omega_r^T)/2$ м/с; $\Delta\omega_c$ – скорость жидкости в отстойной зоне аппарата.

В четвертой главе диссертации под названием «**Процессы массообмена в барботажном экстракторе**» представлены теоретические основы процессов массообмена и результаты экспериментальных исследований по изучению процессов массообмена в аппарате. Эффективность барботажного экстрактора оценивается коэффициентом полезного действия (КПД) его ступени и определяется следующим образом:

$$\eta = 1 - e^{-A}, \quad (20)$$

где A – степень извлечения целевого вещества, которое определяется следующим образом:

$$A = \frac{(mV_y + V_d) \cdot V_p \cdot K_{vy}}{V_y \cdot V_d}, \quad (21)$$

где m – коэффициент распределения, V_y – расход сплошной фазы на один элемент смешения, м³/с; V_d – расход дисперсной фазы на один элемент смешения, м³/с; V_p – рабочий объем одного смесительного элемента, м³, K_{vy} – объемный коэффициент массопередачи, с⁻¹.

Предложено уравнение, определяющее значение объемного коэффициента массопередачи, K_{vy} :

$$K_{vy} = 2,11 \cdot 10^{-6} \frac{(w_c^u \cdot w_c^T)^{0,25} \cdot \varphi}{\tau \cdot \sigma_\phi^{0,8} \cdot \mu_y^{0,8} \cdot \mu_d^{0,8}}, \quad (22)$$

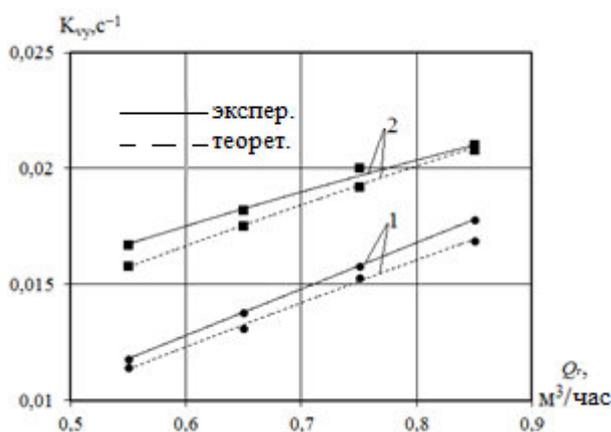
где τ – время пребывания фазы в зоны перемешивания аппарата, с; σ_ϕ – межфазное натяжение, Н/м; μ_d – вязкость дисперсной фазы, Па·с.

Для исследования процессов массообмена экспериментальная установка установлена в цехе УА и РУК ОАО «Fergonaazot». Экспериментальные исследования по экстракционной промывке уксусной кислоты из бутилацетатной и этилацетатной жидкостей проводились на основании заказа предприятия. Бутилацетат-вода в экспериментальной установке поддерживалась в соотношении 3:1. В первом эксперименте концентрация бутилацетата в смеси, полученной для промывки, составляла БА=90%, а концентрация уксусной кислоты составляла 10%. Расход бутилацетата составляет $Q = 0,23$ м³/час, а расход воды составляет $Q = 0,075$ м³/час. Во втором эксперименте концентрация бутилацетата в смеси, полученной для промывки, составляла 93%, а концентрация уксусной кислоты составляла 6,7%. Расход бутилацетата составляет $Q = 0,31$ м³ / час, а расход воды составляет $Q = 0,105$ м³/час. Расход газа в зонах смешения устройства задан $Q = 0,85; 0,75; 0,65; 0,55$ м³/час, с шагом в значениях 0,1 м³/час. Определены теоретические и экспериментальные значения объемного коэффициента массопередачи K_{vy} и коэффициент полезного действия ступени η , для промывки концентрации уксусной кислоты на требуемом уровне при каждом расходе газа. Экспериментальные значения были обработаны с использованием ЭВМ, сопоставлены с теоретическими значениями, были построены корреляционные графики (рис-23,24).

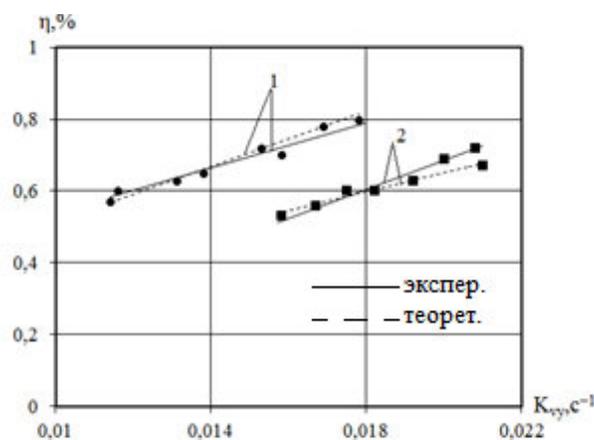
Экспериментальные исследования полностью подтвердили теоретические исследования. Доказано, что очистка бутилацетатной и этилацетатной жидкости на требуемом уровне БА-99%, ЭА-99% эффективна в 5-ступенчатом барботажном экстракторе.

На основании результатов экспериментальных исследований для упрощения расчета коэффициента объемной массопередачи в зависимости от удельных поверхностей контакта капель дисперсной фазы $F_{y\delta}$, удельных перемешивающих поверхностей контакта пузырьков газа Σa_s , времени пребывания жидких фаз в зонах смешения τ , и времени перемешивания t_{cp} , получено следующее эмпирическое уравнение:

$$K_{vy} = 0,54 \frac{F_{y\delta}}{\Sigma a_s} \cdot (\tau \cdot t_{cp})^{-1} . \quad (23)$$



1) $\tau = 10,4$ с, 2) $\tau = 7,7$ с.
Рис. 23. Зависимость K_{vy} от Q_z .



1) $\tau = 10,4$ с; 2) $\tau = 7,7$ с.
Рис. 24. Зависимость η от K_{vy} .

В пятой главе диссертации «Промышленное применение барботажного экстрактора» по результатам теоретических и экспериментальных исследований спроектированы промышленные варианты барботажного экстрактора, которые внедрены в производство отделений бутилацетата и этилацетата в цехе УА и РУК ОАО «Fargonaazot». Приведены техническое описание и конструктивные чертежи сконструированного пятиступенчатого барботажного экстрактора. Приведена технологическая схема промывки бутилацетата и этилацетата в барботажном экстракторе.

Проведены научно-исследовательские работы по внедрению барботажного экстрактора в цехе №3 ООО «ФНПЗ» для очистки фенольных сточных вод, образующихся на фенольных установках. Результаты исследований показали, что снижение концентрации фенола в сточных водах от 0,12 мг/л до 0,0007 мг/л достигнуто в 3-х ступенчатом барботажном экстракторе (по стандарту ИСО 6439-90 ПДК-0,001 мг/л). На основании этого спроектирован промышленный вариант барботажного экстрактора. Представлена техническое описание и конструктивные чертежи трехступенчатого барботажного экстрактора. Кроме того, даны рекомендации по применению барботажного экстрактора в других отраслях (биотехнология, гидрометаллургия).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложено новая конструкция барботажного экстрактора с ускоренными гидродинамическими и массообменными процессами.

2. В результате теоретических исследований предложены уравнения, позволяющие определить высоты газовой подушки, объемного газосодержания, соотношение диаметров газопроводящих отверстий в зонах перемешивания, диаметры наружного барботажного патрубка, диаметры пузырьков и межфазные контактные поверхности выходящих газопроводящих отверстий, скорость тяжелой жидкости, подаваемой во внутреннюю зону смешения, скорость жидкости вытекающей из фильтра, фильтрующую способность фильтра для капель тяжелой жидкости.

3. На основе исследования дробления и распределения капель тяжелой фазы по размерам в ускоренных гидродинамических режимах массообменных процессов в системе «Ж-Ж-Г» определены диаметры капель и пузырьков газа, межфазные контактные поверхности и объемные коэффициенты массопереноса. Предложен механизм дробления и распределения капель в барботажном слое и модели массопереноса.

4. Экспериментальные исследования доказали, что скорость газа обеспечивают высокую эффективность в параллельных потоках имеет 0,13 м/с и противоположных потоках 0,08 м/с.

5. Предложено увеличение массообмена $5 \div 9,75\%$, а также уменьшение расхода экстрагента в 10 раз, в оптимальных гидродинамических режимах работы установки при соотношении расхода смеси и экстрагента в процессе массообмена 3:1, и разделение от 94-90% до 99,9%;

6. Предложена инженерная методики проектирования интенсивно работающего и высокоэффективного барботажного экстрактора.

7. В 5 ступенчатом барботажном экстракторе для доведения бутилацетатных и этилацетатных жидкостей от БА-90%, ЭА-94% до нормативных требований (марка А, ГОСТ 8981-78, БА-99%, ЭА-99%) в цехе УА и РУК ОАО «Fargonaazot» достигнута промывка БА= 99,75% и ЭА = 99,7% и спроектирован и предложен в производство промышленный вариант экстрактора, который в 3 раза компактнее существующих.

8. Очистка сточных вод от фенола от 0,12 мг/л до необходимой концентрации 0,0007 мг/л достигнута в 3-х ступенчатом барботажном экстракторе (ПДК-0,001 мг/л по стандарту ИСО 6439-90), а также спроектирован экстрактор и предложен в производство. Экономическая эффективность очистки фенольных сточных вод составила 714,3 млн. сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON SCIENTIFIC DEGREE AWARD A DOCTOR OF
SCIENCES 03/30.12.2019.T.04.01 AT TASHKENT INSTITUTE OF
CHEMICAL TECHNOLOGY**

FERGANA POLYTECHNICAL INSTITUTE

KARIMOV IKROMALI TOJIMATOVICH

**DEVELOPMENT AND APPLICATION IN THE CHEMICAL INDUSTRY OF
APPARATUS FOR PROCESSING HETEROGENEOUS SYSTEMS
" LIQUID-LIQUID-GAS "**

**02.00.16 - "Processes and devices of chemical technologies and food
production"(technical sciences)**

**ABSTRACT OF DOCTOR'S (DSc) DISSERTATION
IN TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2021

The theme of dissertation of doctor of science (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2020.4.DSc/T393

The dissertation was completed at the Fergana Polytechnic Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific council website www.tkti.uz and on the website of "ZiyoNet" information and educational portal www.ziynet.uz.

Scientific consultant:	Alimatov Bahodir Abdumannonovich Doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Gulomov Shuxrat Mannopovich Doctor of technical sciences, professor Xudoyberdiev Absalom Abdurasulovich Doctor of technical sciences, dosent Raxmonov Toyir Zoyirovich Doctor of technical sciences, dosent
Leading organization:	Bukhara Engineering Technological Institute

The defence of the dissertation will take place on «__» _____ 2021 at «_____» o'clock at the meeting of the Scientific Council DSc. On 03/30.12.2019.T.04.01 at the Tashkent chemical-technological institute by address: 100011, Tashkent, Navoi street, 32. tel. (+99871) 244-79-21; fax: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti-info@edu.uz.

The dissertation has been registered at the Information-resource centre of Tashkent chemical-technology institute № _____, which can be found in IRC (100011, Tashkent, Navoi street, 32. tel. (+99871) 244-79-21; fax: (99871) 244-79-17.

The abstract of dissertation was sent out on "____" _____ 2021
Protocol at the register dated No. "____" from _____ 2021

S.M. Turobjonov
Chairman of the 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 scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

Q.O. Dodaev
Chairman of the scientific seminar at the
scientific council for the award of scientific degrees
doctor of chemical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of DSc dissertation)

The aim of the research work is to develop an effective method and apparatus for processing the L-L-G systems of heterogeneous system and the study of hydrodynamic, mass transfer processes in the mixing zones of the apparatus.

The object of the research work is based on the processes of washing butyl acetate and ethyl acetate at the workshops of UA and RUK, JSC "Fargonaazot", phenolic waste water from LLC "Fergana Oil Refinery" and the design of a multistage bubbling extractor in the form of a vertical column. (таджикот объекти)

The scientific novelties of the research consists in the following:

a new design of a bubbling extractor with a highly efficient acceleration of hydrodynamic and mass transfer processes has been created;

new data were obtained on the study of the effect of parallel and opposite directions of liquid and gas flows in the mixing zones of the extractor on the hydrodynamic process and their equations were drawn up;

based on the results of theoretical analysis and experimental studies of hydrodynamic and mass transfer processes, a mechanism for crushing drops in a bubbling layer and a model of mass transfer have been created;

the volumetric coefficient of mass transfer, efficiency and the number of stages of the device depending on the contact surfaces of bubbles and drops in the optimal mode of the extraction process are determined;

consumption of the extractant by 10 times, in the optimal hydrodynamic modes of operation of the installation with a ratio of the flow rate of the mixture and the extractant in the process of mass transfer of 3: 1, and the separation from 94-90% to 99.75% ;

engineering methods have been developed for calculating a highly efficient bubbling extractor based on the results of experiments and derived equations;

due to the acceleration of the extraction process, a compact bubble extraction column was designed, the height of which is 3 times less than the height of the extractors used in industry.

Implementation of the research results.

Based on the scientific results obtained on the development of devices for processing systemic heterogeneous system "L-L-G" and their application in the chemical industry:

five stages bubbling extractor have been implemented in "Fargonaazot" joint-stock company (reference of "Uzkimyosanoat" joint-stock company approved in 2020 y., 12-august No24-3251.) as a result, quantity of leach declined by 10 times (type A, State Standard 8981-78, BA-99%) and obtained 99,75% quality butyl acetate.

In JSC Fargonaazot, a 5-stage bubbling extractor was put into practice in the process of producing ethyl acetate (certificate from Uzkimyosanoat dated August 12, 2020 No. 24-3251). As a result, a 10-fold reduction in the consumption of the extractant was achieved and it was possible to obtain ethyl acetate with a degree of washing of 99.7%, corresponding to the requirements of the standard (grade A Sate standard 8981-78, EA-99%);

in LLC "Fergana Oil Refinery", a three-stage bubbling extractor has been introduced into practice (certificate from "State Committee of the Republic of Uzbekistan for Ecology and Environmental Protection" No. 01-02 / 8-2586 dated October 30, 2020). As a result, it was possible to bring the concentration of phenol in wastewater to acceptable levels (according to the ISO 6439-90 standard MPC-0.001 mg / l).

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a bibliography and an appendix. The volume of the thesis is 197 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Алиматов Б.А., Садуллаев Х.М., Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж. Методы расчета и конструирования курилмауры для переработки сложных гетерогенных систем «жидкость-газ-жидкость» / Монография. – Белгород: БГТУ, 2019. – 191с.
- 2.Алиматов Б.А., Садуллаев Х.М., Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж. Конструкции жидкостных экстракторов с пневмоперемешиванием / Монография. – Фергана: Техника, 2008. – 123 с.
- 3.Каримов И.Т., Алиматов Б.А., Салимов З.С. Очистка сточных вод от фенолов в барботажном экстракторе // Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2001. – № 3. –Б.106-107. (05.00.00.№20)
- 4.Каримов И.Т., Тожиев Р.Ж., Алиматов Б.А., Хурсанов Б.Ж., Садуллаев Х.М. Барботажли экстракторнинг аралаштириш зоналарига газ узатувчи тешиклардаги тезликлари // ФарПИ илмий-техника журнали. – Фарғона, 2002. – №4. – Б.66-68. (05.00.00.№20)
- 5.Каримов И.Т. Барботажли экстракторнинг аралаштирувчи зоналари ўлчамларини аниқлаш усули //ФарПИ илмий-техника журнали. – Фарғона, 2005. – №2. –Б.111-114. (05.00.00.№20)
6. Каримов И.Т. Барботажли экстракторнинг аралаштириш зоналарига газ тақсимловчи тешик ўлчамларини аниқлаш усули // ФарПИ илмий-техника журнали. – Фарғона, 2018. – №1. – Б. 153-155. (05.00.00.№20)
7. Каримов И.Т. Барботажли экстракторнинг газ тақсимловчи тешиклар ўлчамларини аниқлашда ўтказилган тадқиқотлар таҳлили // ФарПИ илмий-техника журнали. – Фарғона, 2018. – №2. – Б. 133-135. (05.00.00.№5)
8. Каримов И.Т., Алиматов Б.А., Хурсанов. Б Ж Барботажлиэкстракторда оғирсуюқликни оқиш тезлиги ва сарфи // ФарПИ илмий-техника журнали. – Фарғона, 2018. – №3. – Б.217-219. (05.00.00.№20)
- 9.Karimov I., Alimatov B. Hydrodynamics of non-sinking disperse phase holding filter in bubbling extractor // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2019. – №. 9-10.(02.00.00.№2)
10. Каримов И. Т. Анализ результатов исследований по определению газовой подушки газораспределительного устройства барботажного экстрактора // Universum: технические науки. – 2019. – №. 10-1 (67). (02.00.00.№1)
- 11.Каримов И.Т. Барботажли экстракторнинг аралаштириш зоналари ўлчамларини аниқлашда ўтказилган тажрибалар таҳлили // Кимё ва кимё технологияси. –Тошкент, 2019. – №2. – Б. 62-65.(02.00.00.№20)
- 12.Каримов И.Т., Алиматов Б.А. Оғир суюқликни оқиб чиқиш тезлигини тажрибавий аниқлашда ўтказилган тажрибалар таҳлили // ФарПИ илмий-техника журнали. – Фарғона, 2019. – №3. – Б.189-192. (05.00.00. №20)
- 13.Каримов И.Т. Барботажли экстракторда суюқлик фазаларини инерт газ

биланаралаштиришда пуфакларнинг фазалараро алоқа юзалари ва ўлчамлари // Кимё ва кимё технологияси. – Тошкент, 2019. – №4. – Б.34-39. (02.00.00.№20)

14. IkromaliKarinov Drainage and distribution of heavy liquids dy mixing fluid phases with inert gas in bubble extractor. // International Journal of Psychosocial Rehadilitation. – 2020. – Vol. 24. – Issue 08. – pp.5694-5704.(Scopus Q4)

15. IkromaliKarinov Experimental studies in determination of bubble extractor filter’s fluid conductivity// International Journal of Psychosocial Rehadilitation. – 2020. – Vol. 24.– Issue 08. – pp.5877-5886. (Scopus Q4)

II-бўлим (IIчасть;partII)

16. Каримов И.Т.,Алиматов Б.А., Хурсанов Б.Ж. Барботажли экстракторнинг аралаштириш зоналарига газ узатувчи тешикларидаги тезликлари // Ахборот ва ишлаб чиқариш технологияларининг илғор усулларининг тадқиқоти ва техникаси: Республика илмий-техник конференцияси материаллари тўплами. – Фарғона, 2003. – Б.110-112.

17. Каримов И.Т., Алиматов Б.А.,Хурсанов Б.Ж. Барботажли экстракторнинг оғир суюқликни оқизувчи қузури гидродинамикаси // Ахборот ва ишлаб чиқариш технологияларининг илғор усулларининг тадқиқоти ва техникаси: Республика илмий-техник конференцияси материаллари тўплами. Фарғона, 2003. – Б.113-114.

18. Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж., Хасанов Ю.Д. Пневматик аралаштиргичларда компрессор меъёрий иш режими // Қишлоқ хўжалигини ривожлантиришнинг бозор иқтисодиёти шароитидаги долзарб муаммолари ва уларнинг самарали ечимлари: Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. – Фарғона, 2011. – Б.50-51.

29. Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж., Хасанов Ю.Д. Пневматик аралаштирувчи экстрактор самарадорлигида газ миқдорининг қиймати // Қишлоқ хўжалигини ривожлантиришнинг бозор иқтисодиёти шароитидаги долзарб муаммолари ва уларнинг самарали ечимлари: Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. – Фарғона, 2011. – Б.51-52.

20.Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж., Хасанов Ю.Д. Барботажли экстракторнинг аралаштириш зоналари ўлчамлари // Қишлоқ хўжалигини ривожлантиришнинг бозор иқтисодиёти шароитидаги долзарб муаммолари ва уларнинг самарали ечимлари: Республика илмий-амалий анжуманининг материаллари тўплами. Фарғона, 2011. – Б.52-54.

21. Каримов И.Т.,Хурсанов Б.Ж., Умбаров Ю. Фарғона нефтни қайта ишлаш заводида оқава сувларини феноллардан тозалаш асослари // Иқтидорли талабалар, магистрантлар, катта илмий ходим-изланувчи ва мустақил тадқиқотчилар: Республика илмий амалий анжумани материаллари тўплами. – Фарғона, 2013. – Б.17-18.

22. Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж., Махаматов А.О. Суюқлик-газ реакторининг аралаштириш зоналаридаги газнинг хажмий миқдорлари // Иқтидорли талабалар, магистрантлар, катта илмий ходим-изланувчи ва мустақил тадқиқотчилар: Республика илмий- амалий анжумани материаллари тўплами. – Фарғона, 2015. – Б.11-12.

23. Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж., Мамарасулов Ш. Интенсификация процессов жидкостной экстракции // Ноанъанавий кимёвий технологиялар ва экологик муаммолар: Республика илмий-амалий анжумани материаллар тўплами. – Фарғона, 2015. – Б.264-265.

24. Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж., Мамарасулов Ш. Суюқлик экстракторида фазаларнинг турбулент режимда харакатланиши // Ноанъанавий кимёвий технологиялар ва экологик муаммолар: Республика илмий-амалий анжумани материаллар тўплами. – Фарғона, 2015. – Б. 265.

25. Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж. Оқава сувларни феноллардан тозалашни инновацион ечимлари // Кимё, нефт-газни қайта ишлаш ҳамда озик овқат саноатларини ривожланишида инновацион технологияларни долзарб муаммолари: Халқаро илмий-техникавий конференция тезислари тўплами. – Тошкент, 2016. – Б.146.

26. Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж., Мамарасулов Ш., Иномов А. Экстракторнинг аралаштириш зоналаридаги газнинг хажмий миқдорлари // Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготежамкор ва инновацион ечимлари: Республика илмий-техник анжумани материаллар тўплами. – Фарғона, 2016. – Б.91-92.

27. Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж., Юлдашев А. Экстракторнинг аралаштириш патрубккалари диаметрларини аниқлаш // Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготежамкор ва инновацион ечимлари: Республика илмий-техник анжумани материаллар тўплами. – Фарғона, 2016. – Б.77-78.

28. Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж., Мусажонов О.З., Мажидов И.Х. Сув ресурсларини тозалаш муаммолари ва уларнинг инновацион ечимлари // Қишлоқ хўжалик маҳсулотларини ишлаб чиқариш, сақлаш ва қайта ишлашнинг тежамкор технологиялари ва уларнинг инновацион ечимлари: Республика илмий ва илмий-техник анжумани материаллари тўплами. – Фарғона, 2017. – Б.158.

29. Каримов И.Т. Барботажли экстракторнинг аралаштириш зоналарига газ узатувчи тешиклари ўлчамларини аниқлашда ўтказилган тадқиқотлар таҳлили. // Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энерго-ресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари: Халқаро илмий-амалий анжумани мақолалар тўплами. – Андижон, 2018. – Б 500-503.

30. Каримов И.Т., Мажидов И.Х., Рахмонов А. Бутилацетат таркибидан сирка кислотасини экстракцияловчи юқори самарали пневматик экстрактор // Ўзбекистон Республикасида “2018 йил фаол тадбиркорлик, инновацион ғоялар ва технологияларни қўллаб қувватлаш йили”га бағишланган профессор ўқитувчилар илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. Фарғона, 2018. – Б.40-41.

31. Каримов И.Т., Алиматов Б.А., Рахмонов А.Х. Суюқлик фазаларини инерт газ билан аралаштирувчи экстракторда оғир суюқликни томчиларга майдаланиши ва ўлчамлар бўйича таксимланиши // «Интернаука» Сборник статей по материалам XXX международной научно-практической конференции. Технические науки: проблемы и решения. – Москва, 2019. –

№12(28) – С.76-86.

32. Каримов И.Т., Алиматов Б.А., Мажидов И.Х. Барботажли экстрактор фильтрининг суюклик ўтказувчанлик қобилиятини тадқиқ қилиш // «Интернаука» Сборник статей по материалам XXX международной научно-практической конференции. Технические науки: проблемы и решения. – Москва, 2019. – №12(28) – С.65-76.

33. Каримов И.Т., Алиматов Б.А. Барботажли экстракторнинг аралаштириш зоналаридаги газ микдорларини аниқлашда ўтказилган тажрибалар таҳлили // Сборник материалов V Международной научно-технической конференции: «Global science find innovations 2019 central asia». – Астана, 2019. – С. 270-273.

34. Karimov I.T., Ahrorov A.A., Kohorov I.I. The method determining the size of the mixing zone bubbling extractor // LV International correspondence scientific and practical conference. «International scientific revive of the problems and prospects of the problems and prospects modern science and education». – USA: Boston, 2019. – pp.11-15.

35. Каримов И.Т., Алиматов Б.А., Мажидов И. Барботажли экстрактора суюклик фазаларини инерт газ билан аралаштиришда пуфаклар ўлчами ва фазалараро алоқа юзалари // Сборник материалов 1 Международной Научно-практической конференции. “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях”. – Фергана, 2019. – С. 336-338.

36. Каримов И.Т., Алиматов Б.А., Рахмонов А. Барботажли экстрактора чўкмайдиган дисперс фаза томчиларини ушлаб қолувчи фильтринг алоқа юзалари // Сборник материалов 1 Международной Научно-практической конференции. “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях”. – Фергана, 2019. – С. 333-336.

37. Каримов И.Т., Алиматов Б.А., Хурсанов Б.Х., Мажидов И.Х. Барботажли экстрактора суюклик фазаларини инерт газ билан аралаштиришда пуфакларнинг ўлчамлари // Машинасозлик ишлаб чиқариш ва таълим: муаммолар ва инновацион ечимлар: Республика илмий-техник анжумани материаллари тўплами. – Фарғона, 2019.– Б.347-350.

38. Каримов И.Т., Алиматов Б.А., Хурсанов Б.Х., Рахмонов А.Т. Барботажли экстрактора чўкмайдиган дисперс фаза томчиларини ушлаб қолувчи фильтр гидродинамикаси // Машинасозлик ишлаб чиқариш ва таълим: муаммолар ва инновацион ечимлар: Республика илмий-техник анжумани материаллари тўплами. – Фарғона, 2019. – Б.351-354.

39. Каримов И.Т., Алиматов Б.А. Барботажли экстракторнинг массаалмашинув жараёнлари самарадорлигини баҳолашда ўтказилган тажрибавий тадқиқотлар // Инновацион ғоялар, ишланмалар амалиётга: муаммолар ва ечимлар: Халқаро илмий-амалий онлайн анжумани. – Андижон, 2020. – Б.284-291.

Автореферат «Кимё ва кимё технология» журнали таҳририятида тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 49/21.

Гувоҳнома № 10-3719
«Тошкент кимё технология институти» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.