

С.Б. Абдрешова¹, М.Е. Мансурова¹, С.К. Оразалиева²,
Г.Н. Абдрешова¹, Б.К. Мырзабек¹

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: SamalNur_777@mail.ru

СҰЙЫҚТЫҚТАҒЫ ГАЗ КӨПІРШІГІНДЕ ОЗОН АЛУҒА АРНАЛҒАН ҚҰРЫЛҒЫНЫ ӨЗІРЛЕУ

Андатпа. Мақалада газ көпіршігінің геометриялық құрылымынан газ көпіршігінің екі түрі үшін (тік және көлденең беттер) көлемі мен бетінің ауданы анықталған. Газ көпіршігіне әсер ететін күштердің есептік мәндері алынды, олардың басым бөлігі жабысқақ күштер мен архимедтік күштер болып табылады. Электродтың тік бетіндегі газ көпіршіктерінің тепе-теңдік жағдайы әсер ететін күштің бағыты мен электродтың беті арасындағы бұрыштың тангенс мәнімен анықталатыны анықталды.

Эжекциялық ағынды реактор әзірленді, ол тәждік разрядты озонатормен бірге сұйықтықты (ауыз су немесе ағынды су) реактор құбыры арқылы ағызу процесінде үздіксіз озондық өңдеуге мүмкіндік береді. Озон-ауа қоспасының өзара әрекеттесуінің барлық процестері газ көпіршіктерінің «газ-сұйықтық» шекарасында жүретіндіктен, газ көпіршіктерінің параметрлерін таңдаудың оңтайлы нұсқалары анықталды. Көпіршіктің критикалық радиусын, газ өткізгіш бетіндегі газ көпіршігінің өмір сүру уақытын, сондай-ақ бөліну кезіндегі көпіршіктің көлемін анықтау үшін теориялық есептеулер жүргізілді. Айта кету керек, жалпы алғанда, озон-ауа қоспасы шығындарының есептік мәндері эксперименттік мәліметтерге сәйкес келеді.

Түйінді сөздер. Озон, газ көпіршіктері, озон-ауа қоспасы, электр өткізгіш сұйықтық, тәждік электрод.

Кіріспе.

Озонды тазартылатын сұйықтықпен реакторға енгізудің негізгі әдісі, озон-ауа қоспасының осы көлеміне реактор қабырғаларында орналасқан тесіктер арқылы үрлеу, ал озонның сұйықтықпен әрекеттесу процестері негізінен сұйықтық ішіндегі түзілген газ көпіршіктерінде жүреді. Осыған байланысты, басты назар газ көпіршіктерінің түзілу, өсу механизміне және өңделетін сұйықтықпен реактордың газ өткізгіш қабырғасынан бөлінуіне аударылады [1]. Озонды өңдеу және сұйықтықты тазарту процестерін күшейту мақсатында реакторға озон ауа қоспасын енгізудің жаңа әдістері мен құрылғылары әзірленді [2].

Электр өткізгіш сұйықтықта тәж разрядын алу әдісін жүзеге асыратын белгілі құрылғыда тәждік электрод жалаңаш ұшы бар диэлектрлік қабатпен қапталған металл ине түрінде жасалады, ал екінші электрод ретінде сұйықтықтағы газ көпіршігінің ішкі сфералық беті қызмет етеді, оның құрамында тәждік электродта теріс полярлықтың импульстік кернеуін қамтамасыз ететін зарядтағыш бар [3].

Бұл құрылғының басты кемшілігі - «күту» уақыты және газ көпіршігінің тәждік иненің жалаңаш ұшы арқылы «өту» уақыты статистикалық болып табылады. Сонымен қатар, газ көпіршігін иненің жалаңаш ұшымен тесу әрдайым көпіршік шарының ортасында бола бермейді, тесудің басқа нұсқалары жиі болуы мүмкін. Құрылғының барлық осы кемшіліктері сұйықтықты озонмен өңдеу тиімділігінің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі.

Материалдар мен тәсілдер.

Озондаудың технологиялық схемасын таңдау көптеген факторларға байланысты: өңделген ағынды сулардың құрамы мен мөлшері, озон дозасы, озонның тотығатын қоспалармен әрекеттесу жылдамдығы және т. б. Озонды алудың жоғары құнын, оның уыттылығы мен өрт қауіптілігін ескере отырып, озонды пайдалану коэффициенті суды озондау қондырғыларының жұмыс тиімділігінің маңызды көрсеткіші болып табылады. Сондықтан озонды қолдану технологиясын әзірлеу кезінде оның жоғары реактивтілігімен қатар ағынды сумен тікелей байланыста мүмкіндігінше толық пайдалану қажеттілігін ескеру қажет [4].

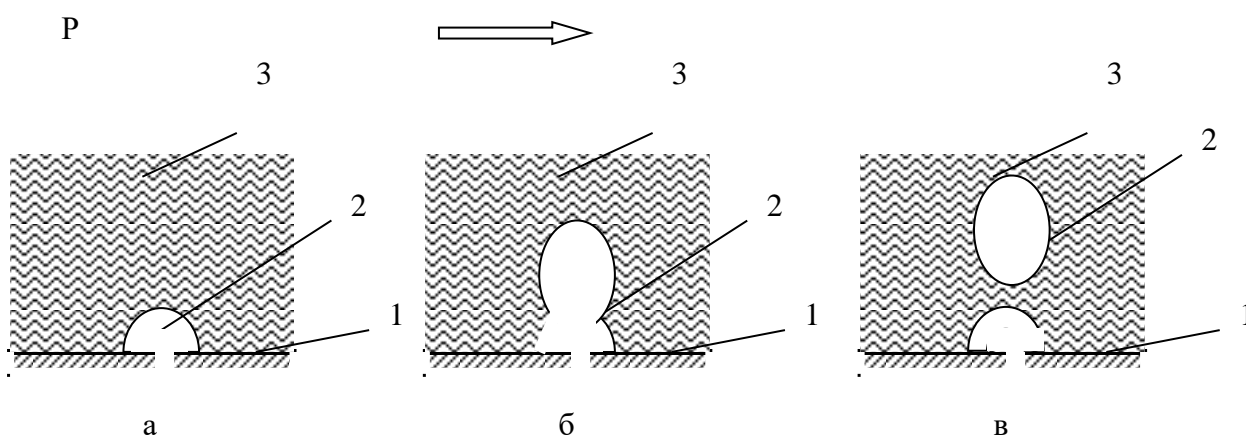
Озонатордың өнімділігі мен озон алу үшін электр энергиясын тұтыну көбінесе оған кіретін ауаның ылғалдылығына, температураға, оттегінің концентрациясына, сондай-ақ оның дизайны мен байланыс камерасына жеткізілетін озон-ауа қоспасының қысымына байланысты.

Осыған байланысты міндет қойылды: сұйықтықты озонмен өңдеу процестерін күшейту мақсатында ағынды реактордың эжекциялық аймағындағы газ көпіршіктерінің параметрлерін таңдаудың оңтайлы нұсқаларын анықтау [5].

Мұнаймен ластанған әртүрлі резервуарлардың ағынды суларын тазарту мәселелерін шешуде маңызды орын алады (қора майы және т.б.) судың регенерациясымен және мұнайды одан әрі өңдеуге қайтарумен сұйықтық көлемінде тоқтатылған көмірсутектерді бөлу.

Құрамында мұнай бар ағынды сулар-бұл Стокс заңына бағынатын дисперсті жүйе. Әдетте, шамамен 70% мұнай глобулаларының өлшемі 10 мкм-ден аз және олардың көтерілу жылдамдығы секундына шамамен 10 мкм құрайды. Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, суды дисперсияның бұл түрінен тазарту үлкен практикалық қызығушылық тудырады. Тазалаудың бұл түрі мұнай глобулаларын ауа көпіршіктерімен ұстап, оларды су бетіне тасымалдаудан тұрады.

Көлденең газ өткізгіш қабырға арқылы ерітіндіге газды эжекциялау процесін зерттеу кезінде газ көпіршіктерінің тіршілігінің үш негізгі кезеңін ажыратуға болады: 1) нуклеация, 2) өсу және 3) көпіршіктің бетінен бөлінуі (1ші сурет).



а - нуклеация; б - өсу; в - бөліну (1 - қабырға, 2 - газ, 3 - ерітінді)

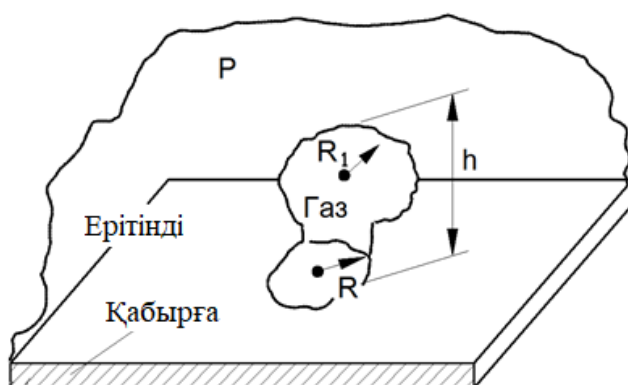
1 сурет – Көлденең әсер ететін беттегі газ көпіршігі өмірінің кезеңдері

Бөліну кезіндегі бөлінетін көпіршіктің радиусы ылғалданудың шеткі бұрышына байланысты және өсу процесінде оған әсер ететін күштердің қатынасымен анықталады: жабысу күші $F_{ж}$, гидродинамикалық күш $F_{Г}$, Архимед күші $F_{А}$ және қосымша бөліну күші $F_{кб}$.

Жабысқақ шеңбердің радиусын көпіршіктің радиусына тең деп санау (2ші сурет), микро көпіршіктер үшін Архимедтің күші көпіршікке әсер ететін басқа күштермен салыстырғанда аз екенін ескере отырып және k ($k < 1$) түзету коэффициентін енгізе отырып, газ өткізгіш бетіндегі газ көпіршігінің тепе-теңдік шартын келесідей жазамыз:

$$2k\pi R\sigma \sin \Theta = \pi R^2 \Delta P_r, \quad (1)$$

мұндағы R – көпіршік радиусы, σ – беттік керілу коэффициенті, Θ – ылғалдандырудың шеткі бұрышы, $\Delta P_r = P_a - P$ – қарастырылып отырған құбыр қимасындағы радиалды қысым айырмашылығы.



R – көпіршіктің жабысу шеңберінің радиусы,
 R_1 – көпіршіктің қисықтық радиусы, h – көпіршіктің биіктігі

2 сурет – Көлденең беттен бөлінбес бұрынғы газ көпіршігі

Көпіршіктің кейбір маңызды шамасы бар екені анық, онда көпіршік енді бетінде ұсталмайды және оның бөлінуі орын алады. $R_{кр}$ көпіршігінің критикалық радиусының мәні (1) теңдеуден анықталады:

$$R_{кр} = 2k \frac{\sigma}{\Delta P_r} \sin \Theta \quad (2)$$

Газ көпіршігі радиусының мәні оның көлемін және өмір сүру уақытын анықтауға мүмкіндік береді, нәтижесінде ағынды реактордағы озон-ауа қоспасының шығынын есептеуге мүмкіндік береді.

Осыған байланысты сұйықтықтағы газ көпіршігінде озон алуға арналған құрылғы әзірленді, онда тәждік электрод ретінде қызмет ететін металл ине кіретін ауа бағытында тесіктің ортасында орналасқан және оның жалаңаш ұшы газ көпіршігінің түзілу деңгейінде, оның құрамында іске қосу схемасы бар жоғары вольтты импульс генераторы бар [6].

Әзірленген құрылғыда газ көпіршіктері атмосфералық ауаны өңделген сұйықтық ыдысының түбінде орналасқан тесік арқылы үрлеу кезінде пайда болады. Бұл жағдайда сұйықтықта бірдей мөлшердегі газ көпіршіктерінің пайда болуы ықтимал жағдайлар жасалады. Егер қатты беттен газ көпіршіктерінің пайда болуы, өсуі және бөлінуі жағдайында, мысалы, электролиз кезінде әр түрлі күштер әсер етсе (жабысу күштері, архимедтік күш және т.б.), онда біздің жағдайда газ көпіршіктерінің мөлшері және олардың пайда болу жиілігі негізінен тесік диаметрінің мәніне және үрленген ауаның артық қысымының мөлшеріне байланысты болады.

Ауа тесік арқылы берілгенде, пайда болған газ көпіршігі мойын арқылы тесіктің жоғарғы жиегіне қосылады. Көпіршіктің максималды мөлшері көтеру күші мен беттік керілу күшінің тепе-теңдік жағдайымен анықталады. Көпіршікті сфералық деп санасаңыз, онда келесідей болады

$$\frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_c - \rho_r) = 2\pi r_0 \sigma, \quad (3)$$

мұндағы r – сфералық көпіршіктің радиусы (м); g – ауырлық күшінің үдеуі (10 м/с^2); ρ_c – сұйықтықтың тығыздығы (судыкі 10^3 кг/м^3); ρ_r – газдың тығыздығы (ауаныкі 1.29 кг/м^3); r_0 – тесік радиусы (м); σ – беттік керілу (судыкі $73.26 \cdot 10^{-3} \text{ н/м}$).

Осыдан

$$r = \sqrt[3]{\frac{3\sigma r_0}{2g(\rho_c - \rho_r)}}. \quad (4)$$

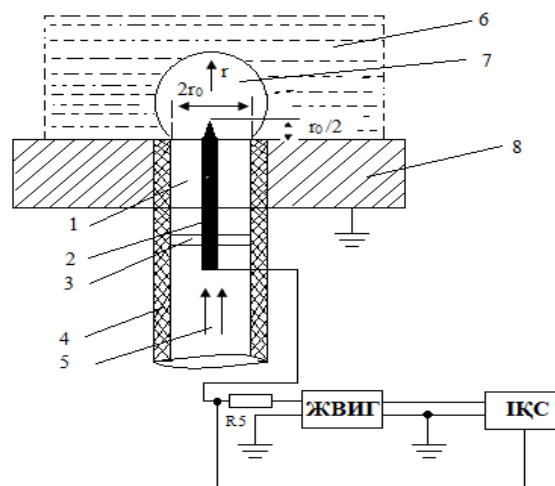
Тәжірибелі деректермен (4) тек сандық коэффициентпен ерекшеленетін келесі өрнек жақсы сәйкес келеді

$$r = \sqrt[3]{\frac{\sigma r_0}{g \rho_c}}. \quad (5)$$

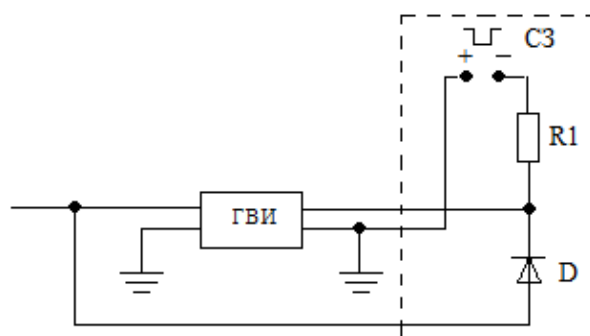
жазылған формула мынаны ескереді $\rho_r \ll \rho_c$.

Айта кету керек, (5) өрнек тесіктен шығатын газ ағынының динамикалық әсерінен туындаған инерциялық күштерді есепке алмайды, яғни ол көпіршіктердің пайда болуының төмен жылдамдығында жарамды [7, 8].

3 суретте электр өткізгіш сұйықтықтардағы газ көпіршігінде озон алуды қамтамасыз ететін құрылғының функционалдық диаграммасы көрсетілген. Құрылғыда мыналар бар: 1 – өңделетін сұйықтығы бар ыдыстың түбінде орналасқан тесік, 2 – Металл ине түріндегі тәжді электрод, 3 – электродты бекіту, 4 – атмосфералық ауаны үрлеуге арналған оқшаулағыш материалдан жасалған түтік, 5 тесік арқылы, 6 – өңделетін сұйықтық, 7 – газ көпіршігінің пішіні, оның пайда болуы және өсуі, 8 – өңделетін сұйықтығы бар ыдыстың түбі. Сонымен қатар, сызбада: ЖВИГ – жоғары вольтты импульстардың генераторы, ІҚС – іске қосу схемасы көрсетілген, r – газ көпіршігінің радиусы, r_0 – тесік радиусы, $r_0/2$ – электрод ұшының саңылауға дейінгі қашықтығы, R_6 – балласт кедергісі.



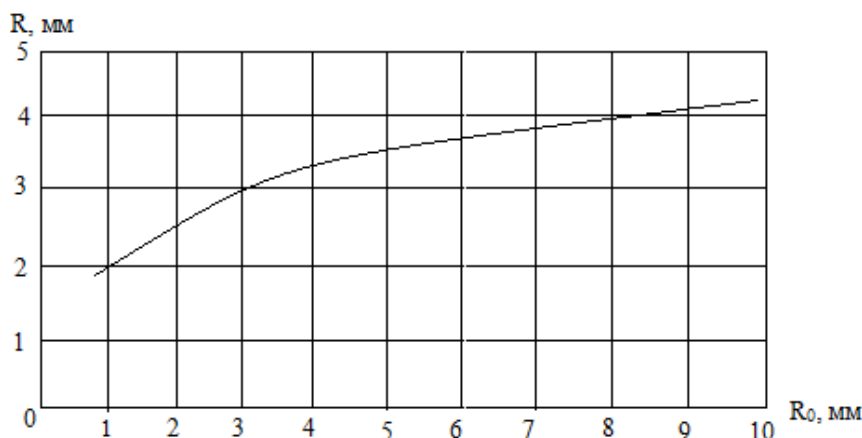
3 сурет



4 сурет

3 суретте ІҚС іске қосу схемасы көрсетілген. Ол U тұрақты ток көзінен, R_1 жүктеме кедергісінен және жоғары вольтты D диодынан тұрады.

(3) формула бойынша r -дің r_0 -ден тәуелділіктерінің есептік мәндері 5 суретте көрсетілген.



5 сурет

Иненің ұшында газ көпіршігі болмаған кезде, тәждік электрод қуат көзінің жер шинасы бар электр өткізгіш сұйықтық арқылы қысқа тұйықталады. Бұл режимде тәждік электрод, D диоды және R_1 кедергісі арқылы минималды ток өтеді, оның мәні U қуат көзінің шығыс кернеуіне сәйкес келеді. Электрод ұшында газ көпіршігі пайда болған кезде, электрод ұшының сұйықтықпен жанасуы күрт бұзылып, ІҚС-да ток ағынын тоқтатады, бұл R_1 кедергісінде қуат көзінің U шығыс кернеуіне тең және жоғары вольтты импульстік генераторын ЖВИГ іске қосу үшін жеткілікті шамада кернеудің пайда болуына әкеледі. ІҚС шығысындағы теріс полярлықтың жеткілікті жоғары кернеуінде тәждік электрод пен газ көпіршігінің ішкі сфералық беті арасында теріс тәж разряды пайда болады, ол электрод ұшынан көпіршік бөлінгенге дейін созылады. Көпіршікті электрод ұшынан жұлып алғаннан кейін, тәждік электрод қайтадан жер шинасы бар сұйықтық арқылы қысқа тұйықталады және осы кезде ІҚС R_1 -дегі кернеу де минимумға дейін төмендейді. Осылайша, келесі газ көпіршігінің пайда болуын күту кезеңі басталады. Тәжді электродының ұшында газ көпіршігі пайда болған кезде бүкіл процесс қайтадан қайталанады [9, 10].

5 суреттегі графиктен көріп отырғанымыздай, (3) формуланың дұрыстығы $R = 3$ мм-ге дейін сақталады, яғни түзілген газ көпіршіктері үлкен диаметрлерге ие, тесіктің өзінен гөрі. Әрі қарай, 10 мм-ге дейін, көпіршіктердің диаметрі тесікке қарағанда кішірек,

бұл шындыққа жанаспайды. Бұл (3) формуланы шығарған кезде көпіршіктің пішіні сфералық болып саналатындығына байланысты. Тәжірибелі деректер тек диаметрі 3 мм-ге дейін түзілген газ көпіршіктерінің пішінінің сфералығын растайды.

Тәждік электрод - диаметрі 1 мм тот баспайтын болаттан жасалған сым, ол шыны капиллярға орналастырылған және оның ұшы 0,5 мм қисықтық радиусы бар жарты шардың астына доғалданған. ЖВИГ шығысындағы жоғары кернеу 5,4 кВ, ал ІҚС – дегі қуат көзінің кернеуі 100 В болды. Ауа көпіршіктері микрокомпрессордың көмегімен атмосфералық ауаны түтік арқылы оқшаулағыш материалдан (4) тесікке (1) үрлеу кезінде пайда болды [11].

Нәтижелер мен талқылау.

Құрылғының тәжірибелі сынақтары мыналарды көрсетті. Газ көпіршігі болмаған кезде электрод ұшында электрод пен сұйықтық арқылы R_1 жүктеме кедергісімен шектелетін іске қосу схемасының (ІҚС) тогы өтеді. Электродтың ұшында газ көпіршігі пайда болған кезде ІҚС тогы тоқтайды және R_1 -де ІҚС – U қуат көзінің кернеуіне тең потенциалдың секірісі пайда болады. Бұл потенциал электрод ұшының айналасында тәж разрядының пайда болуын қамтамасыз ететін ЖВИГ-ді іске қосуға мүмкіндік береді.

Құрылғыны сынау кезінде жоғары вольтты импульстің пайда болуының бастапқы сәтінде (импульстің алдыңғы жағы) разряд аралығының электрлік бұзылуы орын алатыны анықталды, өйткені электродтың ұшында көпіршік пайда болады, сондықтан электрод пен көпіршіктің ішкі беті арасындағы қашықтық өте аз (1 мм-ден аз). Содан кейін, көпіршік мөлшерінің өсуімен тұрақты тәждік разряд режимі біртіндеп орнатылады. Бастапқы тесілу кезінде ЖВИГ шығысының қысқа тұйықталуын болдырмау үшін R_6 балласт кедергісі қолданылады.

Осылайша, сұйықтықтағы газ көпіршігінде озон алуға арналған құрылғы газ көпіршігінің пайда болуын және ондағы тәж разрядының қозуын бір мезгілде қамтамасыз етеді, бұл сұйықтықты өңдеу кезінде озоннан басқа және басқа да жоғары белсенді оттегі компоненттерін пайдалануға мүмкіндік береді.

Қорытынды.

Сұйықтықтағы газ көпіршіктерінің өлшемдерін өлшеу әдісі әзірленді, бұл сұйықтықтағы жалғыз газ көпіршіктерінің өлшемдерін өлшеуде тиімді, ал суды тазарту процестеріндегі газ көпіршіктерімен қаныққан ағындар жағдайында оны көпіршіктердің орташа мөлшерін анықтау үшін пайдалануға болады.

Газ көпіршігіндегі тәждік разряд режимінің тұрақтылығын және озон мен басқа да жоғары белсенді атомдар мен оттегі молекулаларының өңделген сұйықтықпен өзара әрекеттесуінің толықтығын қамтамасыз ететін сұйықтықтағы газ көпіршігінде озон алуға арналған құрылғы әзірленді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Бахтаев Ш.А., Алмагамбетов Б.Н., Абдрешова С.Б. Расчет реактора для очистки нефтесодержащих растворов с помощью флотации // Вестник АУЭС. – Алматы: АУЭС, 2010. – № 3/2 (10). Матер. 7-ой Юбилейной междунар.науч.-техн.конф.»Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях». – Алматы: АУЭС, 23-25 сентября 2010. – С. 67-70.

[2] Бахтаев Ш.А., Алмагамбетов Б.Н., Абдрешова С.Б. Интегральный метод комплексной оценки качества воды // Матер. II экологического форума «Экология урбанизированных территорий». – Усть-Каменогорск: ВГТУ им. Д. Серикбаева, 2010. – С. 106-110.

- [3] Кабанов Б. Н. Электрохимия металлов и адсорбция. М., 1966. – 222 с.
- [4] Бахтаев Ш.А. и др. Механизм роста и отрыва пузырьков газа от поверхности электродов при электролизе // Комплексное использование минерального сырья. – Алматы, 1987. – №7. – С. 17-22.
- [5] Бахтаев Ш.А. и др. Процессы образования пузырьков газа на поверхности электродов при электролизе // «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях»: тез. докл. 9-ой междунар.науч.-техн.конф. – Алматы: АУЭС, 2014. – С. 183-184.
- [6] Иннов.пат. РК 25468. Способ электрообработки жидкости / Бахтаев Ш.А., Алмагамбетов Б.Н., Камалов К.С., Аккенжеева А.Ш., Абдрешова С.Б.; опубл. 25.05.2010, Бюл. № 73134.
- [7] Бахтаев Ш.А., Абдрешова С.Б. и др. Комплексная очистка и обеззараживание сточных и нефтесодержащих вод с применением озона // Вестник АУЭС. – Алматы: АУЭС, 2013. - №4 (23). – С. 39-45.
- [8] Пред.пат.РК 14716. Способ измерения размеров пузырьков газа в жидкости / Бахтаев Ш.А., Абдрешова С.Б. и др.; опубл. 16.08.2004, Бюл. №8.
- [9] Алмагамбетов Б.Н. К расчету реактора для озонирования жидкости эжекционным методом // Комплексное использования минерального сырья. – Алматы: Гылым, 2006. - №1(244). - С.103-106.
- [10] Пат. 3704 НИИС РК Астана. Устройство для получения озона в пузырьке газа в электропроводящей жидкости / Бахтаев Ш.А., Боканова А.А., Сейтимбетов А.М., Абдрешова С.Б., Кузьмин Ю.В.; заявитель и патентообладатель АУЭИС. - 2018/0764.2; опубл. 23.10.2018.
- [11] S.B. Abdreshova, Sh.A. Bakhtaev, A.Z. Toigozhinova, G.D. Mussapirova, A.S. Tergeussizova, A.A. Taurbekova. Development and research of the ozonator at the crown-barrier discharge. International Journal of Engineering Research and Tehnology. ISSN 0974-3154, Volume 12, Number 12 (2019), pp.2446-2451.

REFERENCES*

- [1] Bakhtaev Sh.a., Almagambetov B. N., Abdreshova S. B. The reactor for the maintenance of oil and gas stations with the help of the fleet // Vestnik AUES. - Almaty: AUES, 2010. – № 3/2 (10). Mater. 7-thoughts Jubilee international.nauch.»tech.conf.»Energy, telecommunications and higher education in modern conditions». - Almaty: AUES, 23-25 September 2010. - p.67-70.
- [2] Bakhtaev Sh.a., Almagambetov B. N., Abdreshova S. B. integral method of complex assessment of quality of water // Mater. II ecological forum «ecology of urbanized territories». - Ust-Kamenogorsk: im VGTU. D. Serikbaeva, 2010. - Pp. 106-110.
- [3] Kabanov B. N. electrochemistry of metals and adsorption. M., 1966 – - 222 P.
- [4] Bakhtaev Sh.A. and Dr. The mechanism of growth and detachment of gas from improving the efficiency of electrodes at electrolysis // comprehensive use of mineral cheese. - Almaty, 1987. - №7. - P. 17-22.
- [5] Bakhtaev Sh.A. and Dr. The process of education of the Gaza Strip on the improvement of electrodes at electrolysis // «energy, telecommunications and higher education in modern conditions»: fast. docl. 9th thought.nauch.»tech.conf. - Almaty: AUES, 2014. - pp. 183-184.
- [6] Innov.Pat. RK 25468. Sposob electrobrabotki zhidkosti / Bakhtaev Sh.A., Almagambetov B. N., Kamalov K. S., Akkenzheeva A. Sh., Abdreshova S. B.; opubl. 25.05.2010, Bul. № 73134.

[7] Bakhtaev Sh.A., Abdreshova S. B. and Dr. Comprehensive cleaning and cleaning of standing and oil-bearing water with the introduction of ozone // Vestnik AUES. - Almaty: AUES, 2013. - №4 (23). – Pp. 39-45.

[8] Pred.Pat.Kazakhstan 14716. discussion of size changes in the Gaza Strip / Bakhtayev Sh.A., Abdreshova S. B. and Dr.; opubl. 16.08.2004, Bul. №8.

[9] Almagambetov B. N. to expand the reactor for ozone depletion by the ejection method // comprehensive use of mineral cheese. - Almaty: Gylym, 2006. - №1(244). - Pp. 103-106.

[10] Pat. 3704 NIS RK Astana. Development for obtaining ozone in the Caspian Sea in electric vehicles / Bakhtayev Sh.a., Bokanova A. A., Seitimbetov a.m., Abdreshova S. B., Kuzmin Yu.V.; applicant and patentoblader of the Aueis. - 2018/0764.2; opubl. 23.10.2018.

[11] S.B. Abdreshova, Sh.A. Bakhtaev, A.Z. Toigozhinova, G.D. Mussapirova, A.S. Tergeussizova, A.A. Taurbekova. Development and research of the ozonator at the crown-barrier discharge. International Journal of Engineering Research and Tehnology. ISSN 0974-3154, Volume 12, Number 12 (2019), pp.2446-2451.

Samal Abdreshova, PhD, docent, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, SamalNur_777@mail.ru

Madina Mansurova, PhD, associate professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, mansurova.madina@gmail.com

Sandugash Orazalieva, PhD, docent, Almaty University of Energy and Communications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, orazalieva-sandugash@mail.ru

Gulmira Abdreshova, doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, gulmira.abdreshova.82@mail.ru

Bekzat Myrzabek, master's student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, gulmira.abdreshova.82@mail.ru

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR PRODUCING OZONE IN A GAS BUBBLE IN A LIQUID

Abstract. In the article, the volume and surface area for two types of gas bubbles (vertical and horizontal surfaces) are determined from the geometric construction of a gas bubble. Calculated values of the forces acting on the gas bubble are obtained, and the predominant of them are the adhesion forces and the Archimedean force. It is established that the equilibrium condition of gas bubbles on the vertical surface of the electrode is determined by the value of the tangent of the angle between the direction of the resultant force and the surface of the electrode.

An ejection flow reactor has been developed, which together with a corona discharge ozonator allows continuous ozone treatment of liquid (drinking or waste water) during its flow through the reactor pipe. Due to the fact that all the processes of interaction of the ozone-air mixture occur at the gas-liquid boundary of gas bubbles, optimal options for choosing the parameters of gas bubbles were determined. Theoretical calculations have been made to determine the critical radius of the bubble, the lifetime of the gas bubble on the gas permeable surface, as well as the volume of the bubble at the moment of separation. It should be noted that, in general, the calculated values of the ozone-air mixture costs closely correspond to experimental data.

Keywords. Ozone, gas bubbles, ozone-air mixture, electrically conductive liquid, corona electrode.

Самал Абдрешова, PhD, доцент, Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан, SamalNur_777@mail.ru

Мадина Мансурова, к.ф.-м.н., ассоциированный профессор, Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан, Madina.Mansurova@gmail.com

Сандугаш Оразалиева, PhD, доцент, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, orazalieva-sandugash@mail.ru

Гульмира Абдрешова, докторант, Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан, gulmira.abdreshova.82@mail.ru

Бекзат Мырзабек, магистрант, Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан, gulmira.abdreshova.82@mail.ru

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОЗОНА В ПУЗЫРЬКЕ ГАЗА В ЖИДКОСТИ

Аннотация. В статье из геометрического построения пузырька газа определены объем и площадь поверхности для двух видов пузырька газа (вертикальная и горизонтальная поверхности). Получены расчетные значения действующих сил на пузырек газа, причем преобладающими из них являются силы прилипания и архимедова сила. Установлено, что условие равновесия пузырьков газа на вертикальной поверхности электрода определяется значением тангенса угла между направлением равнодействующей силы и поверхностью электрода.

Разработан эжекционный проточный реактор, который совместно с коронноразрядным озонатором позволяет произвести непрерывную озонную обработку жидкости (питьевая или сточная воды) в процессе ее протока через трубу реактора. Ввиду того, что все процессы взаимодействия озоновоздушной смеси протекают на границе «газ-жидкость» пузырьков газа были определены оптимальные варианты выбора параметров пузырьков газа. Выполнены теоретические выкладки для определения критического радиуса пузырька, время жизни газового пузырька на газопроницаемой поверхности, а также объем пузырька в момент отрыва. Следует отметить, что в целом, расчетные значения расходов озоновоздушной смеси близко соответствуют экспериментальным данным.

Ключевые слова. Озон, пузырьки газа, озоновоздушная смесь, электропроводящая жидкость, коронирующий электрод.
