

December 2019

Interfacial contact surface and the size of the bubble in a bubbling extractor when mixing liquid phases with an inert gas

KARIMOV Ikromali Tojimatovich

Fergana Polytechnic Institute, Fergana, Uzbekistan, karimovikromali@mail.ru

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/cce>

 Part of the [Materials Science and Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Ikromali Tojimatovich, KARIMOV (2019) "Interfacial contact surface and the size of the bubble in a bubbling extractor when mixing liquid phases with an inert gas," *Chemistry and Chemical Engineering: Vol. 2019 : No. 4 , Article 20.*

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/cce/vol2019/iss4/20>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Chemistry and Chemical Engineering by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact brownman91@mail.ru.

INTERFACIAL CONTACT SURFACE AND THE SIZE OF THE BUBBLE IN A BUBBLING EXTRACTOR WHEN MIXING LIQUID PHASES WITH AN INERT GAS

Ikromali Tojimatovich KARIMOV (karimovikromali@mail.ru)
Fergana Polytechnic Institute, Fergana, Uzbekistan

The mixing of the liquid phases is carried out in the inner and outer zones of the apparatus. The main indicator of the mixing process is estimated by increasing the efficiency of the mass transfer process. This, depends on the size of the holes through which the inert gas passes into the mixing zones and the size of the bubbles emerging from the holes. Mixing the liquid phases is carried out depending on the size of the bubble arising in the interfacial contact surfaces of the bubbles. The article describes a method for determining the interfacial contact surfaces of a bubble depending on the value of gas content in the mixing zones of the apparatus and the size of the bubble. By experimental studies, the size of the bubble was determined depending on the size of the hole and formulas were proposed for determining the size of the bubble.

Keywords: bubbling extractor, liquid phases, inert gas, gas content, diameter of holes, size of bubbles, interfacial surface, gas cushion, gas velocity, liquid velocity

МЕЖФАЗНАЯ КОНТАКТНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ И РАЗМЕРЫ ПУЗЫРЬКА В БАРБОТАЖНОМ ЭКСТРАКТОРЕ ПРИ ПЕРЕМЕШИВАНИИ ЖИДКИХ ФАЗ С ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ

Икромали Тоџиматович КАРИМОВ (karimovikromali@mail.ru)
Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекистан

Перемешивание жидких фаз проводится во внутренней и внешней зонах аппарата. Основной показатель процесса смешивания оценивается повышением эффективности процесса массообмена. Это в свою очередь, зависит от размера отверстий, по которому проходит инертный газ в зоны смешивания и размера пузырькообразующих отверстий. Смешивания жидких фаз осуществляется в зависимости от размеров пузырька, возникающего в межфазных контактных поверхностях пузырька. В статье описана методика определения межфазных контактных поверхностей пузырька в зависимости от значения газосодержания в смешивающих зонах аппарата и размера пузырька. Путем экспериментальных исследований определялся размер пузырька в зависимости от размера отверстия и предложены формулы для определения размера пузырька.

Ключевые слова: барботажный экстрактор, жидкие фазы, инертный газ, газосодержание, диаметр отверстий, размер пузырька, межфазная поверхность, газовая подушка, скорость газа, скорость жидкости

BARBOTAJLI EKSTRAKTORDA SUYUQLIK FAZALARINI INERT GAZ BILAN ARALASHTIRISHDA PUFAKLARNING FAZALARARO ALOQA YUZALARI VA O'LCHAMLARI

Ikromali Tojimatovich KARIMOV (karimovikromali@mail.ru)
Farg'ona politexnika instituti, Farg'ona, O'zbekiston

Suyuqlik fazalarini aralashtrish apparatining ichki va tashqi zonalarida amalga oshiriladi. Aralashtrish jarayonining asosiy ko'rsatkichi modda almashinuv jarayoni samaradorligining ortishi bilan baholanadi. Bu o'z navbatida apparatning aralashtrish zonalariga inert gazni o'tkazayotgan teshiklar diametrlariga va teshikdan uzilib chiqayotgan pufaklarning o'lchamlariga bog'liq. Suyuqlik fazalarini aralashtrish, hosil bo'layotgan pufak o'lchami va bu o'lchamga bog'liq holda aralashtruvchi fazalararo aloqa yuzalari orqali amalga oshiriladi. Maqolada apparatning aralashtrish zonalaridagi gaz miqdorining qiymati va pufak o'lchamlariga bog'liq holda fazalararo aloqa yuzasini hisoblash usuli keltirilgan. Teshik o'lchamlariga bog'liq holda pufak o'lchamlari tajribaviy tadqiqotlar orqali aniqlangan va pufak o'lchamlarini hisoblash uchun formulalar tavsiya etilgan.

Kalit so'zlar: barbotajli ekstraktor, suyuqlik fazalari, inert gaz, gaz miqdori, teshik diametri, pufak o'lchami, fazalararo aloqa yuzasi, gaz yostig'i, gaz tezligi, suyuqlik tezligi

Kirish

Geterogen tizimlarda olib boriladigan ekstraksiya jarayonlarini jadallashtirishda, suyuqlik fazalarini inert gazlar yordamida aralashtrish usulini qo'llash samarali usullardan biri xisoblanadi. Pnevmatik aralashtruvchi ekstraktorlardan foydalanishni, mexanik usulda aralashtruvchi ekstraktorlarga nisbatan taqqoslanganda metall sarfi kam, kichik ishlab chiqarish maydonini egallaydi, tuzilishi jihatdan sodda va ishonchlilik yuqoridir. Bu turdagi pnevmatik aralashtruvchi ekstraktorlarni adabiyotlarda barbotajli ekstraktorlar deb nomlanadi va suyuqlik-suyuqlik tizimida ekstraksiyalovchi apparatlar qatoriga kiradi. Bu apparatlardan kimyo, neft kimyosi, gidrometallurgiya, farmatsevtika, biotexnologiya, oziq – ovqat sanoatida foydalanish mumkin [1].

Keyingi yillarda biz tomonimizdan barbotajli ekstraktorlarning yangi konstruksiyasi yaratilib ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda [2].

Tadqiqot ob'ekti va usuli

Tadqiqot ob'ekti sifatida Farg'ona politexnika instituti "Texnologik mashinalar va jixozlar"

kafedrasida yaratilgan va hozirgi kunda "Fargonaazot" AJ ning sirka kislotasini regeneratsiya qilish tsexiga o'rnatilgan barbotajli ekstraktorning tajriba qurilmasidan foydalanildi.

Tekshirilayotgan ekstraktorda barqaror modda almashinuv jarayonini ta'minlanishi uning aralashtrish zonalarida suyuqlik fazalarini aralashtruvchi inert gaz pufaklari sirti yuzasi o'lchamiga va ularning yig'indisidan xosil bo'ladigan gaz miqdorining qiymatiga bog'liq.

Bu gidrodinamik parametrlarni aniqlash maqsadida barbotajli ekstraktorlarning tajriba qurilmasida ilmiy tadqiqotlar olib borildi (1-rasm).

O'rganilayotgan apparatda ichki va tashqi aralashtrish zonasi mavjudligi suyuqlik fazalarini aralashtrish vaqtini uzaytiradi va jadal aralashtrish jarayonini ta'minlaydi. Barbotajli ekstraktorning aralashtrish zonalaridagi gaz miqdorlarining φ_0 , φ_1 qiymatlari aralashtrish rejimlarini belgilovchi asosiy parametrlar hisoblanadi. Hajmiy gaz miqdorining qiymati quyidagi formula orqali hisoblanadi. [2, 5]

$$\varphi_0 = \frac{V_g^i}{V_A^i} \quad \varphi_1 = \frac{V_g^f}{V_A^f} \quad \text{bulardan (1)}$$



1- Rasm. Tajriba qurilmasining umumiy ko'rinishi.

$$V_g^i = \varphi_0 V_A^i \quad V_g^t = \varphi_1 V_A^t \quad (2)$$

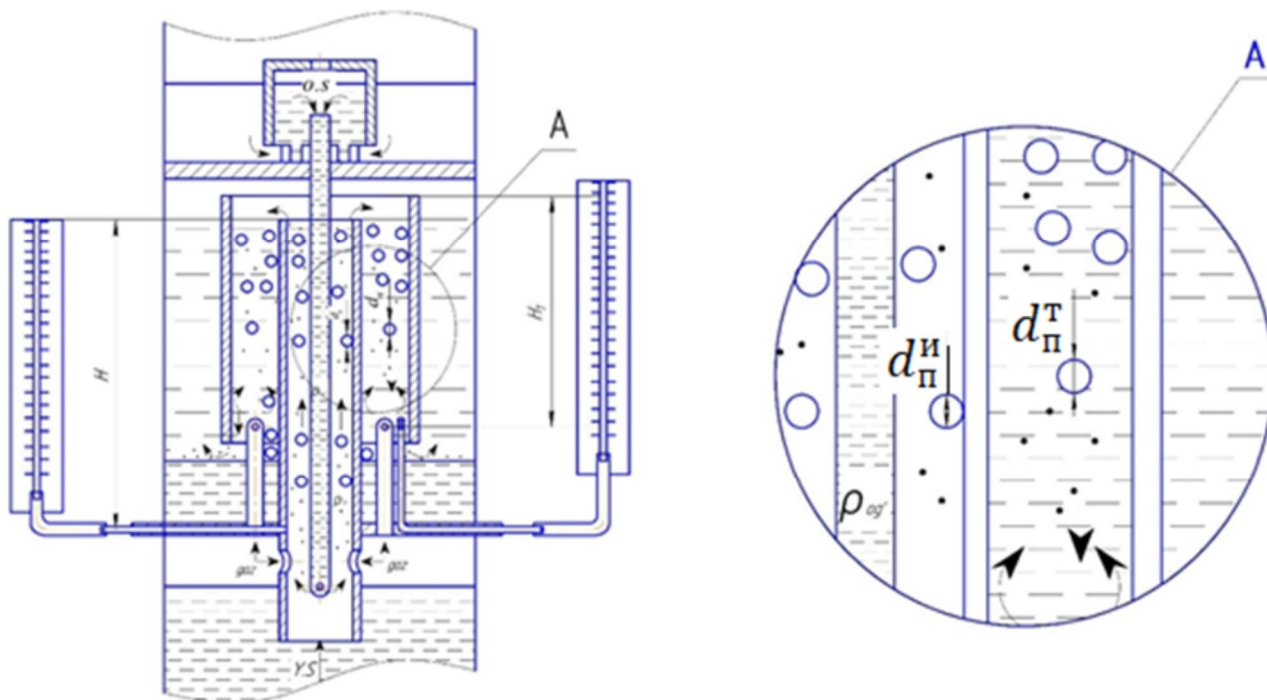
bu yerda: V_g^i va V_g^t - apparatning ichki va tashqi aralashtirish zonalaridagi gazning egallagan xajmi, m³; V_A^i va V_A^t - Apparatning ichki va tashqi aralashtirish zonalarini umumiy xajmi, m³.

Xajmiy gaz miqdorining qiymati suyuqlik va gaz tezliklariga bog'liq bo'lib, apparat barbotaj rejimida ishlashi uchun bu kattaliklarni maqbul qiymatlari aniqlangan [3]. Barbotaj qatlami gidrodinamikasini o'rganish uchun adabiyotlar tahlil qilinganda tahlillar shuni ko'rsatadiki, haligacha bu qatlamning asosiy parametrlaridan biri bo'lgan inert gaz pufakchalarining aralashtirish jarayonini hosil qiluvchi aloqa yuzalarini hisoblash bo'yicha nazariy tadqiqotlar yetarli emas [3]. Aralashtirish jarayonini me'yoriy qiymatlarini suyuqlik va gaz tezliklarining o'zgarishiga bog'liq holda, gaz miqdorining qiymatlarini hisoblovchi tajribaviy formulalar orqali hisoblash tavsiya etilgan. Barbotajli ekstraktorning aralashtirish jarayonini samaradorligini baholashda barbotaj qatlamida harakatlanayotgan inert gaz pufaklarining diametri va bu o'lchamga bog'liq holda pufaklarning aralashtiruvchi fazalararo aloqa yuzalarini aniqlashni talab etadi.

Yuqoridagi talablardan kelib chiqib, tekshirilayotgan apparatda bu kattalikni aniqlash uchun nazariy va tajribaviy tadqiqotlar olib borildi (2-rasm).

Apparatning ichki va tashqi aralashtirish zonalaridagi gazni egallagan xajmini bitta pufakning xajmiga bo'lsak, pufaklar soni kelib chiqadi. Ya'ni:

$$n = \frac{V_g^i}{V_p} \cdot i, \quad n_t = \frac{V_g^t}{V_p}, \quad \text{dona}; \quad (3)$$



2-Rasm. Gaz miqdori va pufak o'lchamlarini aniqlash sxemasi.

Pufakning xajmini esa shar shaklida deb qaralsa quyidagicha aniqlanishi bizga ma'lum.

$$V_p = \frac{4}{3}\pi R^3, \quad M^3; \quad (4)$$

4-formulani 3-formulaga qo'ysak, quyidagi ko'rinishga keladi.

$$n = \frac{3(V_g^i + V_g^t)}{4\pi R^3}, \quad \text{dona}; \quad (5)$$

Gaz pufaklarining soniga bitta pufakning sirti yuzasini ko'paytirsak pufakning suyuqlik fazalarini aralashtiruvchi aloqa yuzalarini topish mumkin. Pufakning sirti yuzasi quyidagi formula orqali topilishi bizga ma'lum. Ya'ni;

$$S = 4\pi R^2, \quad M^2; \quad (6)$$

5-formulani 6-formulaga ko'paytirib, kerakli matematik amallar bajarilsa pufaklarning aralashtiruvchi aloqa yuzasini aniqlovchi formula kelib chiqadi.

$$a_s = \frac{3(V_g^i + V_g^t)}{R_p}, \quad M^2; \quad (7)$$

bu yerda; R_p -pufak radiusi, m; Barbotajli ekstraktorni loyixalashda uning ichki va tashqi aralashtirish zonalaridagi gaz miqdorlarining qiymatlarini teng bo'lishi teng jadallikdagi aralashtirish rejimini ta'minlaydi. SHuning uchun 7-formuladagi ichki va tashqi aralashtirish zonalaridagi gazning egallagan xajmlarini qiymatini topish formulasi 2 ni qiymatlarini o'z o'rniga qo'yib, gaz miqdori qiymatlarini teng va umumiy qilib olinsa quyidagi ko'rinishga keladi.

$$a_s = \frac{3(V_A^i + V_A^t)\varphi}{R_p}, \quad M^2; \quad (8)$$

Pufak radiusi R_p ni d_p orqali ifodalansa 8-formula quyidagi ko'rinishga keladi.

$$a_s = \frac{6(V_A^i + V_A^t)\varphi}{d_p}, \quad M^2; \quad (9)$$

Apparatni tashqi aralashtirish zonalariga gaz uzatuvchi teshik o'lchamlari diametrlar nisbati N orqali tanlanadi. Ichki va tashqi aralashtirish zonalariga gaz uzatuvchi teshik o'lchamlari N ga bog'liq holda bir-biridan farq qilganligi uchun har ikki zonadagi pufaklarning aralashtirish yuzalarini alohidi-alohida hisoblash tavsiya etiladi. U holda 9-formuladan ichki aralashtirish zonasida xarakatlanayotgan pufaklar uchun quyidagi ko'rinishda,

$$a_s^i = \frac{6V_A^i \varphi_i}{d_p^i}, \quad M^2; \quad (10)$$

Tashqi aralashtirish zonasida xarakatlanayotgan pufaklar uchun esa quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$a_s^t = \frac{6V_A^t \varphi_t}{d_p^t}, \quad M^2; \quad (11)$$

bu yerda; d_p^i va d_p^t – ichki va tashqi

aralashtirish zonalaridagi pufak diametri, m;

Barbotaj ustunlarida suyuqlik qatlamini gaz bilan aralashtirish jarayonida ustunning gaz taqsimlovchi elementlaridagi gaz uzatish teshiklaridan uzilib chiqayotgan gaz pufaklari diametrlari, aralashtirilayotgan suyuqliklar sirt tarangliklariga va zichliklariga bog'liq bo'ladi.

Gazning teshikdan erkin xarakat bilan o'tish paytida xosil bo'ladigan pufak dastlab diametrlari oshiradi va keyin uzilib chiqadi bu xolat ko'tarish kuchi (Arximed kuchi) hamda pufakning uzilishidagi qarshilik koeffitsienti orqali sodir bo'ladi va pufak diametrlari quyidagi formulalar orqali aniqlash tavsiya etilgan [3, 4].

$$\frac{\pi d^3}{6} g(\rho_{sc} - \rho_r) \quad (12)$$

12-ifodadan pufak diametri d topilsa quyidagi ko'rinishga keladi.

$$d = 3 \sqrt{\frac{6d_0\sigma}{g(\rho_{sc} - \rho_r)}}, \quad M; \quad (13)$$

Pufak diametrlari quyidagicha aniqlash uchun quyidagi formula ham tavsiya etilgan.

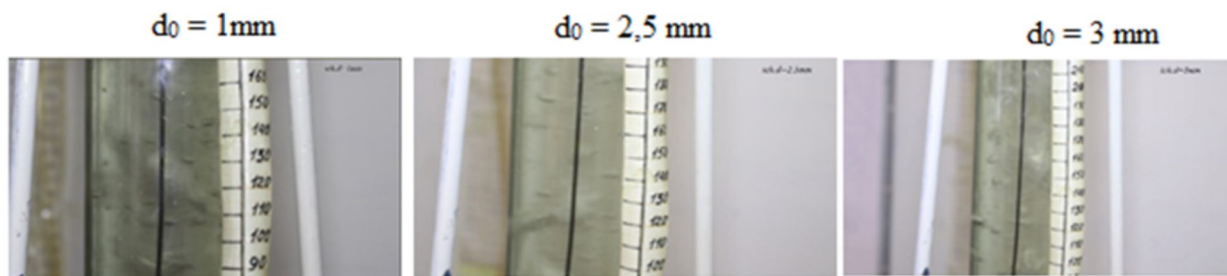
$$d_n = 1,53 \sqrt{\frac{d_0\sigma}{\Delta\rho g}}, \quad M; \quad (14)$$

bu yerda: d_0 – gaz uzatuvchi teshik diametri, m; g – erkin tushish tezlanishi, m/s^2 ; ρ_j – suyuqlik zichligi, kg/m^3 ; ρ_g – gaz zichligi, kg/m^3 ; $\Delta\rho$ – suyuqlik va gaz aralashmasi zichligi, kg/m^3 ; σ – suyuqlikning sirt tarangligi, n/m .

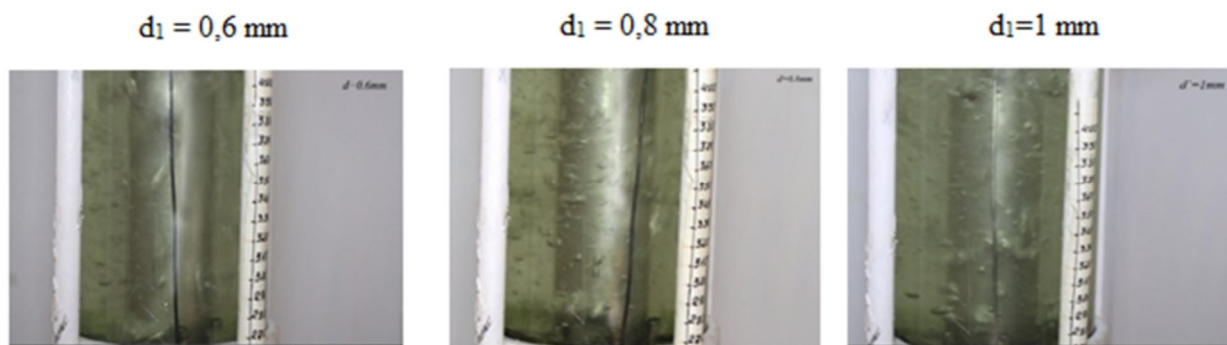
Bu tavsiya etilayotgan formulalarni tekshirish maqsadida barbotajli ekstraktorning tajriba nusxasida illmiy-tadqiqot ishlari olib borildi (1-rasm).

Olingan natijalar

Tajribaviy tadqiqotlar quyidagi tartibda olib borildi. Tajribaning birinchi bosqichida apparatning tashqi aralashtirish zonasiga gaz uzatuvchi teshiklari berkitilib, faqat ichki aralashtirish zonasiga gaz uzatuvchi $d_0=1; 2,5; 3$ mm o'lchamli ketma-ket bittadan teshiklari ochilib, gaz va suyuqlik tezliklarida teshiklardan uzilib chiqayotgan gaz pufaklarining diametrlari aniqlandi. Tajribalarning keyingi bosqichida esa ichki aralashtirish zonasidagi teshiklari berkitilib, faqat tashqi aralashtirish zonasiga gaz uzatuvchi $d=0.6; 0.8; 1$ mm o'lchamli ketma-ket bittadan teshiklari ochilib pufak diametrlari aniqlandi. Apparatning aralashtirish zonalaridagi har bir teshiklaridan uzilib chiqayotgan gaz pufaklari o'lchamlari Sonon YeOS 700D rusumli videokamera yordamida tasvirga olinib aniqlandi. Pufak o'lchamlarini tajribaviy aniqlashda taqqoslash uchun $d=1$ mm o'lchamli simdan foydalanildi va tanlangan suyuqlik va gaz tezliklari rejimlarida har bir teshik o'lchami uchun 5 tadan kadr olinib, fotosurat orqali o'lchamli simga nisbatan masshtab



3-Rasm. Ichki aralashtrish zonasidagi pufak o'lchamlarini aniqlash uchun



4-Rasm. Tashqi aralashtrish zonasidagi pufak o'lchamlarini aniqlash uchun.

yordamida pufak o'lchamlari aniqlandi. Tajribalar suv-havo tizimida o'tkazildi. Olingan fotosuratlar namunalari 3-4 rasmlarda keltirilgan.

Apparatning aralashtrish zonalariidagi teshiklardan uzilib chiqayotgan pufak o'lchamlarini 13 va 14 formulalar yordamida pufak diametrlarini nazariy tomondan tekshirildi.

Tekshirishlar shuni ko'rsatadiki 13 formula bo'yicha xisoblangan pufak diametri tajribaviy aniqlangan pufak diametriga nisbatan ichki aralashtrish zonasida $d_0 = 1$ mm li teshikdan chiqayotgan pufak diametri bo'yicha 24% xatolik, $d_0 = 2,5$ mm li teshikdan chiqayotgan pufak diametri bo'yicha 33% xatolik, $d_0 = 3$ mm li teshikda 19% xatolik bilan, tashqi aralashtrish zonasida esa $d_0 = 0,6$ mm li teshikdan chiqayotgan pufak diametri bo'yicha 24 % xatolik, $d_0 = 0,8$ mm li teshikdan chiqayotgan pufak diametri bo'yicha 22% xatolik, $d_0 = 1$ mm li teshikdan chiqayotgan pufak diametri bo'yicha 20% xatolik bilan farq qildi. Xuddi shunday 14-formula bo'yicha ham tahlil qilinganda ichki aralashtrish zonasida 17÷21% ni tashqi aralashtrish zonasida esa 21÷24%ni tashkil etdi.

Bunga asosiy sabab bu tavsiya etilgan formulalar balandligi $N=1÷4$ metr gacha bo'lgan gaz suyuqlik reaktorlarida teshiklardan uzilib chiqayotgan pufak diametrlarini xisoblash uchun mos keladi. Chunki barbotajli ekstraktorlarda aralashtrish zonasi balandligi $N=600$ mm dan oshmasligi kerak. Aks xolda pufaklarni o'zaro qo'shilishi yuz berib aralashtrish rejimi buziladi [3, 4].

Tajriba natijalariga tayangan xolda 13 va 14 formulalarni biz tekshirayotgan apparat teshiklaridan chiqayotgan pufak o'lchamlarini xisoblashda qo'llash uchun koeffitsientlar aniqlandi

va bu formulalar quyidagi ko'rinishga keltirildi. 13 formulani ko'rinishi

$$d_n = 0,63 \sqrt{\frac{6d_0\sigma}{g(p_{\text{жс}} - p_r)}}, \quad \text{м}; \quad (15)$$

14 formulani ko'rinishi esa

$$d_n = 1,1253 \sqrt{\frac{d_0\sigma}{\Delta\rho g}}, \quad \text{м}; \quad (16)$$

15 va 16 formulalar bo'yicha pufak o'lchamlari nazariy qiymatlari xisoblanib, tajriba natijalari bilan taqqoslandi. Nazariy va tajribaviy qiymatlar hatoligi 0÷10% ni tashkil qildi.

Tajribalardan shu narsa ma'lum bo'ldiki suyuqlik va gaz tezliklarini o'zgarishi pufak diametrlarini o'zgarishiga sezilarli ta'sir ko'rsatmadi. Tajriba natijalari EXM yordamida qayta ishlanib grafik qurildi (4- rasm).

Ekstraksiya jarayoni samaradorligi bu pufaklarning aloqa yuzalari orqali aralashtrish jarayoniga bog'liq bo'lganligi uchun tekshirilayotgan barbotajli ekstraktorni ichki aralashtrish zonasiga gaz uzatuvchi teshik o'lchamlari va teshiklar soni bu zonada xarakterlanadigan gazning kelirilgan tezligi $W_g \leq 0,1$ shart orqali tanlanadi[5]. Chunki gaz tezligining yuqori qiymatida, aralashtrish zonalari pufakli rejimdan chiqib ketadi.[3,4] Natijada aralashtrish zonalariida gaz pufaklarining qo'shilishi yuz berib apparatning ish rejimi buziladi.

Bu shartdan kelib chiqqan xolda ichki aralashtrish zonasidagi teshiklar sonini quyidagicha aniqlash mumkin.

$$Z_0 = \frac{0,1}{w_0}, \quad \text{dona}; \quad (17)$$

Tashqi aralashtrish zonasidagi teshiklar soni esa quyidagicha aniqlanadi.

$$Z_1 = \frac{0,1}{w_1}, \quad \text{dona} \quad (18)$$

Bu yerda w_0 -ichki aralashtrish zonasidagi bitta gaz uzatuvchi teshik orqali o'tgan gazning keltirilgan tezligi, m/s; w_1 -tashqi aralashtrish zonasidagi bitta gaz uzatuvchi teshik orqali o'tgan gazning keltirilgan tezligi, m/s; .

Apparatning pog'onalarida joylashgan bir necha kontakt elementlariga gazni teng taqsimlanishini ta'minlash uchun gaz yostig'i hosil qilinadi. SHu gaz yostig'ining qiymatiga bog'liq xolda bitta teshikdan o'tayotgan gaz tezligi aniqlinib 17 va 18 formulalar yordamida teshiklar soni topiladi. Tekshirilayotgan apparatning gaz taqsimlovchi elementlaridagi gaz yostig'i qiymatini hisoblash uchun tavsiya etilgan formuladan foydalaniladi.

Ichki va tashqi aralashtrish zonalariga gaz uzatuvchi bittadan teshiklaridan chiqayotgan gaz tezliklarini aniqlab, ularga bog'liq xolda bitadan teshikdan o'tayotgan gaz sarfini aniqlash mumkin. Bu gaz sarfini teshiklar soniga ko'paytirilsa apparatga berilishi kerak bo'lgan umumiy gaz sarfi kelib chiqadi. Barbotajli ekstraktorni loyixalashda ichki aralashtrish zonasi o'lchami ekstraksiya qilinadigan suyuqlik sarfi orqali tanlanadi.

Tashqi aralashtrish zonasi o'lchami esa suyuqlik va gaz qarama – qarshi oqimda bo'lganligi

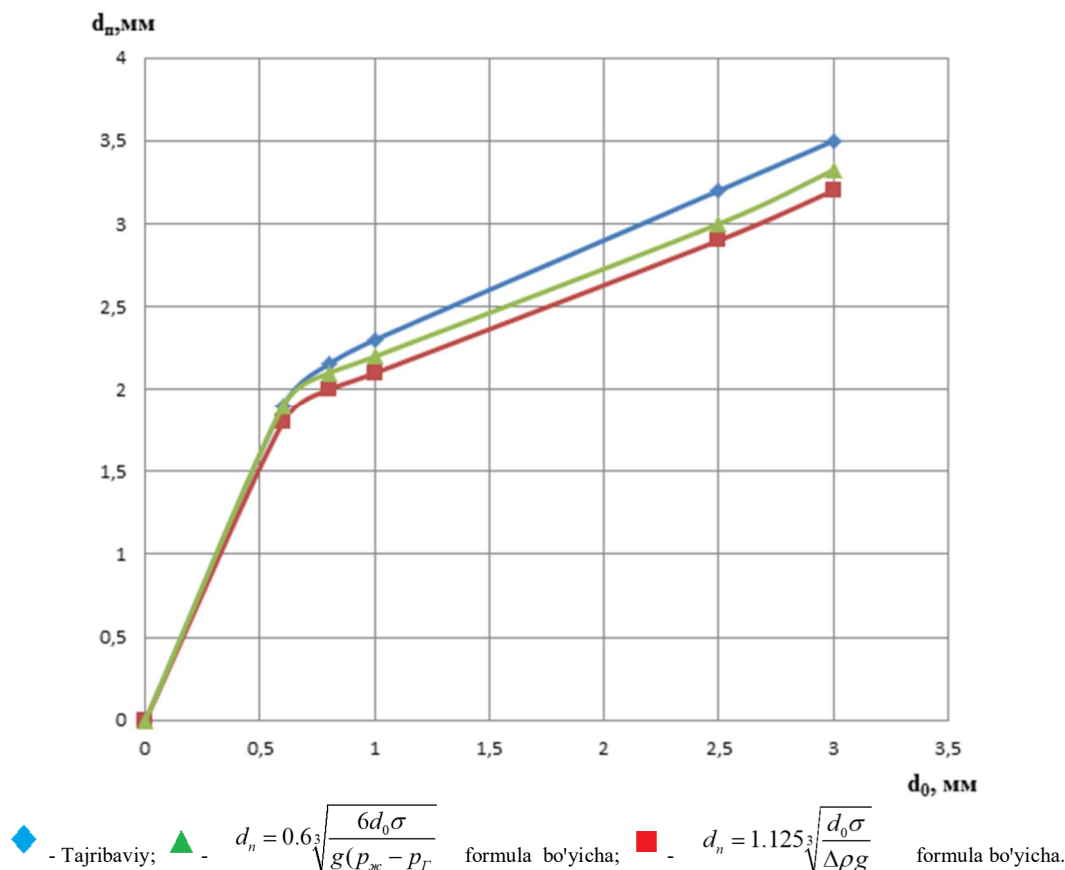
uchun bu gaz miqdori qiymatining $\varphi \leq 0,3$ sharti orqali xisoblanadi [5].

Apparatning ichki va tashqi aralashtrish zonalariga gaz uzatuvchi teshiklar diametrlarini kichiklashtirib sonini oshirishi orqali teshiklardan uzilib chiqayotgan pufak o'lchamlarni kichiklashtirish va gaz miqdorlari φ_i va φ_t larning chegaraviy qiymatlarida pufaklarning aloqa yuzalarini ya'ni aralashtrish yuzalarini oshirish mumkin.

Xulosa

O'tkazilgan tajribaviy tadqiqotlar natijasida tekshirilayotgan apparatning aralashtrish zonalariga gaz uzatuvchi teshiklaridan uzilib chiqayotgan pufak diametrlari aniqlandi.

Apparat uchun pufaklar o'lchamlarini aniqlovchi formulalar tavsiya etildi. Apparatning aralashtrish zonalariga gaz uzatuvchi teshiklardan o'tayotgan inert gaz pufaklari diametrlari orqali, aralashtrish zonalar hajmiga va bu zonlardagi gaz miqdoriga bog'liq holda ekstraksiyalanayotgan suyuqliklarni aralashtruvchi fazalararo aloqa yuzalarini aniqlash uchun imkoniyat yaratildi. Bu o'z navbatida apparatning gaz taqsimlovchi elementlarini loyixalashda muhim ahamiyatga ega bo'lib, pufak o'lchamlarining kichik bo'lishi ularning aralashtruvchi fazalararo aloqa yuzalarini ortishiga olib keladi va massa almashinuv jarayoni samaradorligi ortadi.



4-rasm. Teshik o'lchamini o'zgarishiga bog'liq xolda pufak diametrini o'zgarish grafigi.

REFERENCES

1. Duroudier J.P. *Liquid-liquid and solid-liquid extractors*. 1st ed. Paris, ISTE Press – Elsevier, 2016. 176 p.
2. Alimatov B.A., Sokolov V.N., Sadullayev X.M., Karimov I.T. *Mnogostupenchatyy barbotajnyy ekstraktor [Multistage bubbling extractor]*. A.S. USSR, no 1607859, 1990.
3. Sokolov V.N., Domansky I.V. *Gazozhidkostnyye reaktora [Gas-liquid reactors]*. Leningrad, Mashinostroyeniye Publ., 1976. 216 p.
4. Kafarov V.V. *Osnovy massoperedachi [Fundamentals of mass transfer]*. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1979. 484 p.
5. Karimov I.T., Akhrorov A.A., Qakhkhorov I.I. The method of determining the size of the mixing zone bubbling extractor. *Collection of scientific articles LV International correspondence scientific and practical conference "International scientific review of the problems and prospects of modern science and education"*. Boston, USA, 2019, pp.11-16.