

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2021 Issue: 09 Volume: 101

Published: 29.09.2021 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



Ikromali Tozhimatovich Karimov

Fergana Polytechnic Institute

Doctor of Technical Sciences, associate professor

Republic of Uzbekistan

i.karimov@ferpi.uz

INVESTIGATION OF HYDRODYNAMIC MODES OF HEAVY FLUID OUTFLOW IN A BUBBLING EXTRACTOR

Abstract: In the article, as a result of theoretical research, a formula has been derived that calculates the rate of outflow of a heavy liquid, depending on the change in the amount of gas content in the inner mixing zone of the apparatus. Experimental studies were conducted to verify this formula, and the experimental results fully confirmed the proposed formula.

As a result of the research, a method for calculating the flow rate of heavy liquids supplied to the device was developed. Depending on this value, conditions have been created for the correct choice of the ratio of light and heavy liquids supplied to the device.

Key words: bubbling extractor, heavy phase, mixing zones, liquid velocity, gas content, resistance coefficient, heavy liquid flow rate, gas velocity.

Language: Russian

Citation: Karimov, I. T. (2021). Investigation of hydrodynamic modes of heavy fluid outflow in a bubbling extractor. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 09 (101), 668-672.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-09-101-89> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2021.09.101.89>

Scopus ASCC: 2200.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ИСТЕЧЕНИЯ ТЯЖЕЛОЙ ЖИДКОСТИ В БАРБОТАЖНОМ ЭКСТРАКТОРЕ

Аннотация: В статье в результате теоретических исследований выведена формула, рассчитывающая скорость истечения тяжелой жидкости, в зависимости от изменения количества газосодержания во внутренней зоне смешения аппарата. Для проверки этой формулы были проведены экспериментальные исследования, и результаты экспериментов полностью подтвердили предложенную формулу.

В результате исследований была разработана методика расчета расхода тяжелых жидкостей, подаваемых в аппарат. В зависимости от этого значения, созданы условия для правильного выбора соотношения легких и тяжелых жидкостей, подаваемых в аппарат.

Ключевые слова: барботажный экстрактор, тяжелая фаза, зоны смешения, скорость жидкости, газосодержание, коэффициент сопротивления, расход тяжелой жидкости, скорость газа.

Введение

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. Исходя из этих требований, мы разработали конструкцию барботажного экстрактора с простотой конструкции, не содержащей механических смесительных частей [1]. Эффективность экстракции легко регулируется изменением расхода инертного газа.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИНЦ (Russia) = 3.939
 ESJI (KZ) = 9.035
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

Объект и метод исследования

Объектом исследования является экспериментальная установка барботажного экстрактора, созданная на кафедре

«Технологические машины и оборудование» Ферганского политехнического института и установленная на лабораторном стенде кафедры (рисунок 1 и 2).

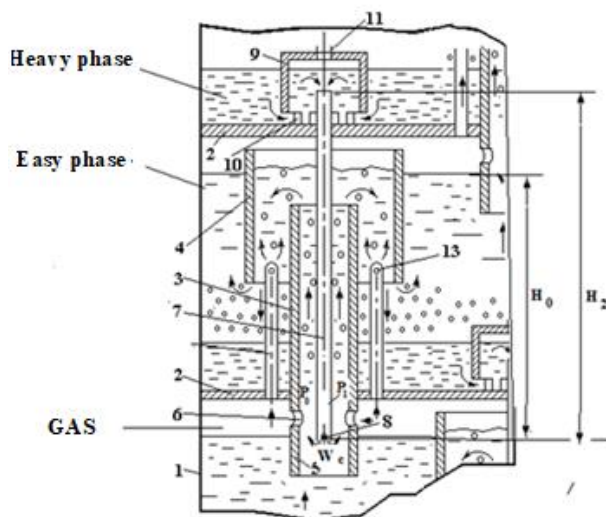


Рис.1. Расчетная схема экстрактора.

1-Корпус аппарата, 2-ограждение, 3-патрубок внутреннего барботажа, 4-патрубок внешнего барботажа, 5-газораспределительный насадок, 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.

Тяжелая и легкая жидкие фазы подаются в экстрактор следующим образом. Легкая жидкость перекачивается снизу устройства к нескольким контактным элементам, расположенным на ступенях барботажного экстрактора, с помощью насосов. Тяжелая жидкость подается сверху устройства через отверстия в специальных патрубках. Скорость тяжелой жидкости вытекающей из отверстия, зависит от размера отверстия и его коэффициента сопротивления, разницы в плотностях жидкостей и расхода газа (рисунок 1).

Скорость тяжелой жидкости, протекающей через патрубок, также зависит от количества газосодержания φ_0 , образованного скоростями газа и жидкости во внутренней зоне смешения. Приближаясь к максимальному значению количества газосодержания в зонах смешения экстрактора ($\varphi_0 \rightarrow 0,3$), можно добиться снижения геометрического давления во внутренней барботажной трубе до максимального значения [2,3,4,5,8; С.158-163].

Это, в свою очередь, ускоряет истечение тяжелой жидкости из патрубки. В результате производительность экстрактора по тяжелым жидкостям увеличивается. Мы анализируем это теоретически [7], (рисунок 1).



Рис.2. Общий вид экспериментальной установки

Суммарное давление, приходящееся на центр отверстий сливного патрубка, равно, Па:

$$P_0 + P_1 + \Delta P_c \quad (1)$$

где P_0 - давление легкой жидкости во внутренней барботажной трубе, падающей к центру сливного отверстия тяжелой жидкости, Па; P_1 - давление тяжелой жидкости в сливнойной трубке к центру отверстия, Па; ΔP_c - потеря давления при истечении тяжелой жидкости из отверстия сливного патрубка, Па;

Давление P_0 определяется по следующим образом:

$$\rho_0 = \rho_{cm} g \cdot (1 - \varphi_0) H_0; \quad (2)$$

где ρ_{cm} - плотность смесей легких и тяжелых жидкостей, кг/м³; φ_0 - количество газосодержания во внутренней зоне смешения, H_0 - высота зоны смешения, м, (рисунок 1).

Плотность смесей легких и тяжелых жидкостей ρ_{cm} , определяется следующим образом, кг/м³.

$$\rho_{cm} = \rho_0 \cdot \alpha + \rho_c (1 - \alpha); \quad (3)$$

где ρ_T - плотность тяжелой жидкости, кг/м³; α -доля тяжелых и легких жидкостей в смеси, %; ρ_L - плотность легкой жидкости, кг/м³.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИНЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 9.035
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

Количество газосодержания во внутренней зоне смешения φ_0 определяется следующим образом;

$$\varphi_0 = (1 - 0,04\omega_{ж.})\varphi' \quad (4)$$

где $\omega_{ж.}$ – приведённая скорость жидкости внутренних перемешивающих зон аппарата, м/с; φ' – газосодержание в неподвижной жидкости. Для расчета φ' предложен эмпирическое уравнение, [2,3,4,7].

$$\varphi' = 2,47 \cdot \omega_г^{0,97} \quad (5)$$

где $\omega_г$ – приведённая скорость газа в зоне смешения, м/с;

P_1 давление тяжелой жидкости в сливной патрубке к центру отверстия и определяется следующим образом, Па;

$$P_1 = \rho_0 g H_2 \quad (6)$$

где H_2 – высота тяжелой жидкости до центра отверстия, м.

ΔP_c – потеря давления при истечении тяжелой жидкости из отверстия сливного патрубка, определяется следующим образом, Па;

$$\Delta P_c = \xi_0 \frac{\omega_0^2 \cdot \rho_0}{2}; \quad (7)$$

где ξ_0 – коэффициент сопротивления истекающей из отверстия тяжелой жидкости, определяется экспериментально, ω_0 – скорость истечения тяжелой жидкости из отверстия, м/с.

Если мы выразим уравнения (2), (6) и (7) на основе уравнения (1), мы получим следующее, Па;

$$\rho_c g (1 - \varphi_0) H_0 + \rho_0 g H_2 + \xi \frac{w_0 \rho_0}{2}; \quad (8)$$

Выполняя необходимые математические операции в выражении (8), находим скорость истечения тяжелой жидкости, м/с;

$$w_0 = \sqrt{\frac{2g(\rho_0 \cdot H_2 - \rho_{ap} \cdot (1 - \varphi_0) H_0)}{\xi_0 \rho_0}}; \quad (9)$$

В зависимости от этой скорости можно определить расход тяжелой жидкости, протекающей через одно отверстие, м³/час;

$$Q'_c = \pi R^2 \omega_0 3600; \quad (10)$$

Для эффективного осуществления массообменных процессов в аппарате выбирается соотношение легкой и тяжелой жидкости [6-10]. Это соотношение очень важно учитывать при проектировании экстрактора. В зависимости от этого определяется также количество сливного отверстия тяжелой жидкости.

Полученные результаты

Проведены экспериментальные исследования для проверки уравнения (9), которое вычисляет скорость истечение тяжелой жидкости, полученного в результате теоретических исследований. В зависимости от количества газосодержания во внутренней зоне смешения экспериментального устройства φ_0 и плотности тяжелой жидкости ρ_0 , а также плотности смеси $\rho_{см}$ определялся расход тяжелой жидкости, протекающей через отверстие.

Вода была выбрана в виде легкой жидкости и смеси четыреххлористого углерода с бензолом в виде тяжелой жидкости. Плотность смеси легких и тяжелых жидкостей определялась с использованием уравнения (3).

В экспериментах доля тяжелых жидкостей составляла 33%, а доля легких жидкостей - 67%.

$$1.p_{ap} = 1200 \cdot 0,33 + 1000 (1 - 0,33) = 1066, \text{ кг / м}^3;$$

$$2.p_{ap} = 1100 \cdot 0,33 + 1000 (1 - 0,33) = 1033, \text{ кг / м}^3;$$

Первоначально для определения коэффициентов сопротивления отверстий к патрубке слива тяжелой жидкости образовались отверстия диаметром $d = 1; 1,5; 2$ мм. Определено время истечения 1 литра тяжелой жидкости из каждого отверстия. В зависимости от этого времени определялись коэффициенты сопротивления отверстий. Результаты экспериментов обработаны на компьютере, получены уравнения регрессии и построен график (рисунок 3).

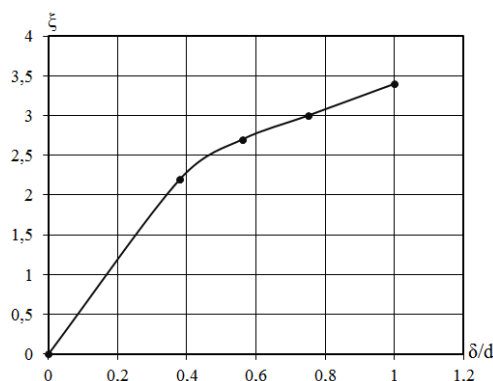


Рис.3. График изменения коэффициента сопротивления в зависимости от изменения толщины стенки отверстия и диаметра отверстия.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИНЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 9.035
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

Вид полученного уравнения регрессии следующий.

$$1. y = -3,3501x^2 + 6,6504x + 0,0359 \quad (11)$$

$$R^2 = 0,9945$$

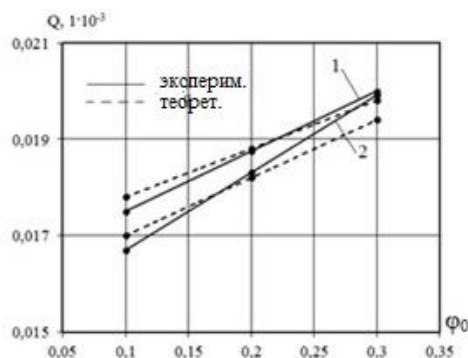
Для экспериментов были выбраны отверстия в сливной трубе диаметром 1 и 2 мм. Первоначально в трубе открывали отверстие диаметром 2 мм и подавали тяжелую жидкость. Скорость жидкой смеси, подаваемой в зону смешения устройства, передавалась в постоянном $w_0 = 0,07$ м/с. При постоянных скоростях жидкости, скорости газа изменяли $w_r = 0,06, 0,09, 0,13$ м/с и определяли экспериментальные значения количества газосодержания во внутренней зоне смешения устройства. В соответствии с этими скоростями газа экспериментальные значения количества газосодержания изменились на $\varphi_0 = 0,1, 0,2, 0,3$. Исходя из установленных режимов, экспериментально определен расход тяжелой жидкости, поступающей в зону смешения устройства.

В зависимости от времени нахождения в зоне осаждения устройства определяли объем

тяжелого слоя жидкости, образовавшегося в результате осаждения, h . Установленное время эксперимента составляло 0,25 часа.

Последовательность экспериментов проводилась отдельно для каждого из отверстий диаметром $d = 2$ и 1 мм в сливной трубке при $\varphi_0 = 0,1, 0,2, 0,3$ от количества газосодержания. Теоретические значения количества газосодержания определялись с помощью уравнений 4.

Используя уравнение (9), были определены теоретические значения скорости истечения тяжелой жидкости. Расход тяжелой жидкости определяли с использованием уравнения (10). Теоретические и экспериментальные значения были сопоставлены и проанализированы. Анализ подтвердил правильность уравнения (9), рекомендованного для расчета скорости истечения тяжелой жидкости. Полученные результаты обработаны на компьютере и получены уравнения регрессии. Разница между теоретическим и экспериментальным значениями составила $\pm 7\%$. Построены графики (рисунки 4 и 5).



$\xi = 2,7; w_c = 0,07$ м/с, (const).

1. $\rho_0 = 1200$ кг/м³, $\rho_{ap} = 1066$ кг/м³; 2. $\rho_0 = 1100$ кг/м³, $\rho_{ap} = 1033$ кг/м³;

Рис. 4. $Q = f(\varphi)$ График изменения расхода тяжелой жидкости в зависимости от изменения объема газосодержания (сравнительный график).

Вид полученного уравнения регрессии следующий.

$$1. y = 0,0125x + 0,0163 \quad (12)$$

$$R^2 = 1$$

$$2. y = 0,012x + 0,0158 \quad (13)$$

$$R^2 = 1$$

Вид полученного уравнения регрессии следующий.

$$1. y = 0,004x + 0,0034 \quad (14)$$

$$R^2 = 0,9881$$

$$2. y = 0,004x + 0,0036 \quad (15)$$

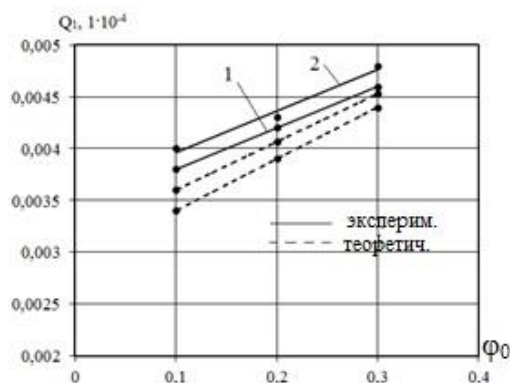
$$R^2 = 0,9776$$

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350



$\zeta = 3,4; w_c = 0.07 \text{ м/с, (const).}$

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

Вывод:

В результате теоретических исследований получена формула, для расчета скорости истечения тяжелой жидкости. Для проверки этой формулы проведены экспериментальные исследования. Экспериментальные исследования полностью подтвердили предложенное

уравнение. По результатам теоретических и экспериментальных исследований разработана методика расчета расхода тяжелых жидкостей, подаваемых в аппарат. В зависимости от этого значения создавались условия для правильного выбора соотношения расхода легких и тяжелых жидкостей, подаваемых в аппарат.

References:

1. Alimatov, B.A., Sokolov, V.N., Sadullaev, H.M., & Karimov, I.T. (1990). *Mnogostupenchatyj barbotazhnyj jekstraktor*. A.S. №1607859 (SSSR), BI №43.
2. Alimatov, B. A., Karimov, I. T., & Sokolov, V. S. (2001). Jeksperimental'noe issledovanie gazosoderzhanie v smesitel'nyh jelementah barbotazhnogo jekstraktora. *Nauchno-tehnicheskij zhurnal FerPI. Fergana*, №1, 75-77.
3. Karimov, I. T. (2019). Analiz rezul'tatov issledovanij po opredeleniu gazovoj podushki gazoraspredivitel'nogo ustrojstva barbotazhnogo jekstraktora. *Universum: tehnicheckie nauki*, 10-1 (67).
4. Karimov, I.T., & Alimatov, B.A. (2019). *Analiz jeksperimentov po opredeleniu kolichestva gazosoderzhanija v zonah smeshenija barbotazhnogo jekstraktora*. Sbornik materialov V Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii: «Global science find innovations 2019 central Azia», (pp. 270-273). Astana.
5. Karimov, I. (2020). Experimental studies in determination of bubble extractor filter's fluid conductivity. *International Journal of Psychosocial Rehadilitation*, 24(8), pp.5877-5886.
6. Karimov, I. T., Ahrorov, A. A., & Kahorov, I. I. (2019). *The method of determining the size of the mixing zone bubbling extractor*. In international scientific review of the problems and prospects of modern science and education (pp. 11-15).
7. Karimov, I.T., Alimatov, B.A., & Hursanov, B Zh. (2018). Skorost' i rashod tjazhelej zhidkosti v barbotazhnom jekstraktore. *FerPI nauchno-tehnicheskij zhurnal, Fergana*, №3, pp.217-219.
8. Kafarov, V.V. (1983). *Osnovy massoperedachi*. (p.439). Moskva: Vysshaja shkola.
9. Hursanov, B. Zh., & Alimatov, B. A. (2020). Jekstrakcionnoe izvlechenie redkih metallov iz otvalov goK. *Universum: tehnicheckie nauki*, 6-1 (75).
10. Borodulin, D. M., Vechtomova, E. A., Fajner, A. A., & Klopova, K. V. (2018). *Jekstraktor periodicheskogo dejstvija dlja izvlechenija celevykh komponentov iz dubovoj shhepy*.