

УДК 577.4:658.382.3:628.31

В.В. БЕРЕЗУЦКИЙ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЕЙ ЖИДКОСТИ ДО И ПОСЛЕ ИСТЕЧЕНИЯ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЯ В ЗАТОПЛЕННОЙ ПЛОСКОЙ СТЕНКЕ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯТОРА

В статье исследованы гидродинамические параметры потока воды в емкости с установленной плоской стенкой (перегородкой), с выполненным в ней отверстием и определены варианты выполнения промышленного образца, удовлетворяющего требованиям ламинарности потока и создания условий эффективного контакта частиц, для их реагирования и коагулирования в аппарате (электрокоагуляторе)

У статті досліджені гідродинамічні параметри потоку води в ємності зі встановленою плоскою стінкою (перегородкою) з виконаним в ній отвором і визначені варіанти виконання промислового зразка, що задовольняє вимогам ламінарності потоку і створення умов ефективного контакту частинок для їх реагування і коагуляції в апараті (електрокоагуляторі)

In the article the hydrodynamic parameters of stream of water are investigational in a capacity with the set flat wall (by a partition) with opening executed in it and the variants of implementation of industrial prototype, suiting laminarity of stream and conditioning effective contact of particles for their reacting and coagulation in a vehicle are certain (electrocoagulator)

Постановка и актуальность проблемы. Цель – определить зависимость между площадью сечения отверстия и высотой столба жидкости над отверстием в стенке (перегородке) электрокоагулятора; влияние этих факторов на уровни жидкости в емкостях, образованных плоскими стенками в реакторной камере электрокоагулятора.

Задачи – исследовать гидродинамические параметры потока воды в емкости с установленной плоской стенкой (перегородкой) с выполненным в ней отверстием и найти вариант выполнения промышленного образца, удовлетворяющего требованиям ламинарности потока и созданием условий эффективного контакта частиц для их реагирования и коагулирования.

Изложение основного материала исследований. Для проведения эксперимента и изготовления лабораторной установки, было выполнено нахождение инвариантов подобия промышленной и лабораторной установки [1]. Одним из таких инвариантов подобия является отношение

площади сечения отверстия в плоской стенке (перегородки) (ω , м^2) к площади всей плоской стенке (перегородки) (Ω , м^2). Отношение выбиралось на основном уровне варьирования. Исходя из квадратного сечения отверстия в плоской стенке промышленной установки, со стороной $a = 0,15$ (м), площадь отверстия в сечении будет равна $0,0225$ (м^2). Площадь плоской стенки, в промышленном аппарате будет равна $0,8 \times 1 = 0,8$ (м^2). Исходя из этих данных, инвариант подобия будет равен

$$i_1 = \frac{\omega}{\Omega} = \frac{\omega_l}{\Omega_l} = 0,028 . \quad (1)$$

Исходя из найденного инварианта геометрического подобия, была определена площадь сечения отверстия, в плоской стенке лабораторной установки с площадью $\Omega_l = 0,13 \times 0,15 = 0,0195$ (м^2): $\omega_l = 0,0195 \times 0,028 = 0,00056$ (м^2). Исходя из определенной площади сечения отверстия в плоской стенке и выполнения отверстия в виде квадрата, была определена сторона квадрата, а именно – $0,023$ (м).

В качестве критериев эксперимента были выбраны площадь сечения отверстия ω , м^2 и высота столба жидкости над отверстием в стенке h_1 , м, (направление от поверхности жидкости). Так как сечение отверстия выполнено в виде квадрата, то как критерий варьирования выбрана сторона квадрата a , м. Основной уровень и интервалы варьирования приведены в табл. 1, которые выбирались на основе выполненных исследований и анализа промышленных эмульсий.

Таблица 1

Основной уровень и интервалы варьирования

Уровни факторов	Факторы	
	$a, 10^{-2} \text{ м } \frac{\omega}{\Omega}, (X_1)$	$h_1, 10^{-2} \text{ м}, (X_2)$
Основной уровень	2	7,5
Интервалы варьирования	1	3,75
Верхний уровень (+1)	3	3,75
Нижний уровень (-1)	1	11,25

Результат полного факторного эксперимента типа 2^2 , реализованного в соответствии с матрицей планирования эксперимента, приведены в табл.2.

Таблица 2

Кодированные и натуральные значения факторов эксперимента

№ опыта	X_1	X_2	Натуральные значения		Y_1 10^{-3} м	Y_2 10^{-3} м	Y_2 10^{-3} м	Y_3 10^{-3} м	Y_3^2 10^{-3} м
			a	h					
1	+1	+1	3	3,75	1,3	1,5	1,4	1,4	1,54
2	-1	+1	1	3,75	1,1	1,0	1,2	1,1	1,21
3	+1	-1	3	11,25	1,8	1,7	1,9	1,8	3,24
4	-1	-1	1	11,25	0,7	0,6	0,6	0,6	0,36
Σ								3,75	6,35
0	0	0	2	7,5	0,5	0,6	0,5	0,5	

Натуральные величины факторов, при проведении эксперимента, соответственно заменены кодированными их значениями. Воспроизводимость опытов проверена путем постановки параллельных опытов на основном уровне. Воспроизводимость опытов определена по критерию Кохрена [2,3], расчетное значение которого равно

$$G_p = \frac{\max Y_i^2}{\sum_{i=1}^{n_0} Y_i^2} = \frac{3,24}{6,35} = 1,51 \quad (3)$$

Соответственно табличное значение критерия Кохрена при числе степеней свободы $f = k - 1 = 1$ и уровня значимости $\alpha = 0,05$ равно $G = 0,9985$ [2]. Так как расчетный критерий Кохрена не превышает значения табличного, то однородность дисперсий подтверждается. Следовательно, опыты считаются воспроизводимыми. Математическую модель процесса записываем в виде следующего уравнения регрессии

$$\hat{Y} = v_0 X_0 + v_1 X_1 + v_2 X_2 + v_{12} X_1 X_2 \quad (4)$$

где v_i - коэффициенты уравнения регрессии.

Математическая модель процесса приобретает следующий вид

$$\hat{Y} = 1,25 + 0,375 X_1 + 0,25 X_2 - 0,225 X_1 X_2 \quad (5)$$

Уравнение адекватно и полученный полином достоверно описывает математическую зависимость входящих в него факторов. Относительная ошибка измерений не превышает 3%, что можно считать

допустимым при данных исследованиях. Расчеты выполнены с помощью электронных таблиц программы Microsoft Excel.

Вывод – наименьшее значение уровня h отмечается при наименьшем размере стороны квадрата сечения в плоской стенке и наибольшей высоте столба жидкости. Необходимо определить зависимость уровня h от размещения уровня отвода жидкости из емкости ее истечения. На рис.1 представлена схема размещения отверстий в следующем эксперименте. Скорость истечения потока 1л за 6,7 с, т.е. 0,5 м³ за 1 час.

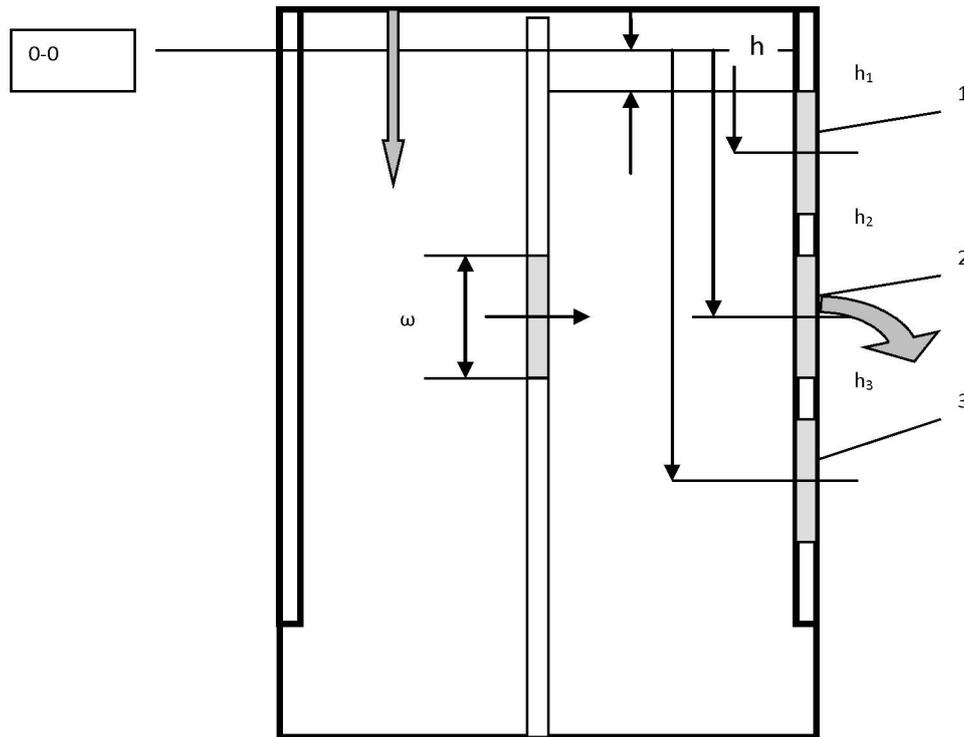


Рис. 1. Схема лабораторной установки по определению зависимости размещения отверстия истечения воды и отверстия в плоской стенке

Таблица 3

Натуральные значения факторов эксперимента по определению зависимости размещения отверстия истечения воды и отверстия в плоской стенке

№ опыта	$X \cdot 10^{-2}$ м	$Y1, 10^{-2}$ м	$Y2, 10^{-2}$ м	$Y3, 10^{-2}$ м	$Y \cdot 10^{-2}$ м	$Y^2 \cdot 10^{-4}$ м ²
1	3,75	1,1	1,2	1,3	1,2	1,44
2	7,5	2,2	2,3	2,3	2,26	5,1
3	11,25	3,1	3,2	3,31	3,2	10,24
Σ						16,78

На рис. 2 приведены результаты проведенных экспериментов в виде графических и математических зависимостей.

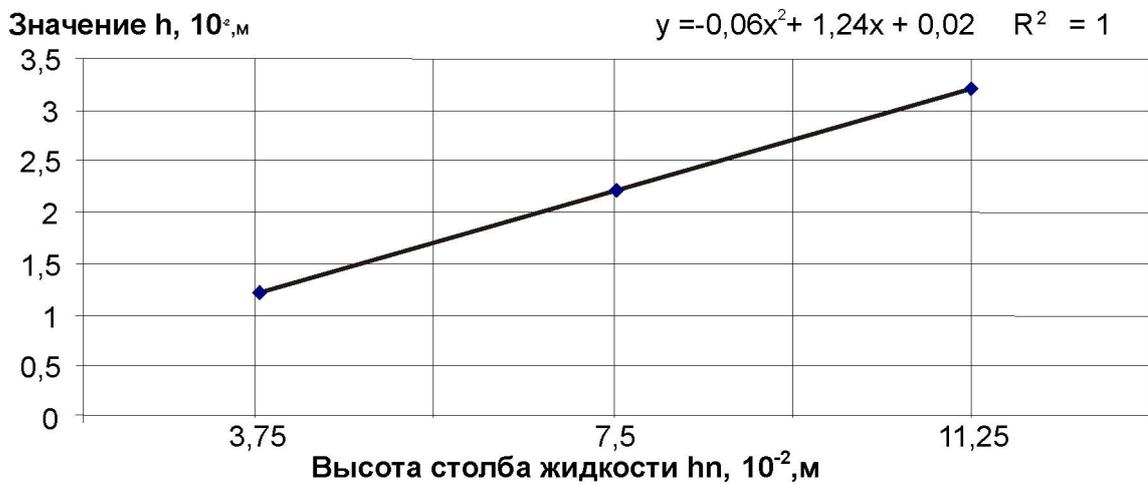


Рис. 2. Зависимость размещения отверстия истечения воды и отверстия в плоской стенке на изменение уровня жидкости в реакторной камере.

Выводы. Исходя из полученных результатов исследований, необходимо выполнять заглубление отверстия в затопленной стенке на отметке $6,6 \cdot 10^{-2}$ м, для отверстия с размером стенки в квадратном сечении $2 \cdot 10^{-2}$ м.

Общие выводы – исследованы гидродинамические параметры потока воды в емкости с установленной плоской стенкой (перегородкой) с выполненным в ней отверстием и определены варианты выполнения промышленного образца, удовлетворяющего требованиям ламинарности потока и создания условий эффективного контакта частиц для их реагирования и коагулирования в аппарате (электрокоагуляторе).

Список литературы: 1. Березуцкий В.В. Обеспечение безопасности при применении водных технологических эмульсий и растворов на производствах в металлообрабатывающих технологиях / В.В. Березуцкий – Х.: Факт, 2009 – 400 с. 2. Основы научных исследований / [Глуценко И.М., Пинскер А.Е., Полянчиков О.И., Трикила А.И.] – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 158с. 3. Бондарь А.Г. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии (алгоритмы и примеры) / Бондарь А.Г., Статюха Г.А., Протяженко И.А. – К.: Вища школа, 1980. – 264 с.

Поступила в редколлегию 22.02.12