ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ТАРЕЛОК С ПЛАТО ИЗ ШАРОВ ПО ОЧИСТКЕ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

[1]Атауллаев Одил Хасанович, [2]Атауллаев Азизжон Одилович, [3]Тилавова Максуда Эргашовна, [4]Худойкулова Зухро Намоз кизи, [5]Исмойилов Диёрбек Бектимир

[1]Профессор, НавГПИ
[2]Доцент, НавГГТУ
[3,4]Студент, НавГПИ
[5]Ўқитувчи, НавГПИ

https://doi.org/10.5281/zenodo.10991678

Аннотация. *На шаровой тарелке площадь живого сечения не зависит от размера шаров и составляет 21,5%. По сравнению с крупно перфорированной тарелкой с F_c = 20% и d_0 = 30 мм, K_{ys} в 4 раза больше, а по сравнению с сетчатой тарелкой, K_{ys} в 2 раза больше, а КПД шаровой тарелки при L = 25 м^3/м^{2}ч около 90%, КПД крупно перфорированной тарелки около 50%. Исследовались тарелки со срезанными и сплошными шарами. K_{ys} для первой составляет около 70% от второй и при Δp = 0,8 кПа, K_{ys} = 2,5 м/с для первой и 3,5 м/с для второй. Наиболее устойчивый режим тарелки с самым высоким K_{ys} наблюдается для двойной тарелки со срезанными шарами с переливом. Вторая тарелка служит здесь в качестве неподвижного стабилизатора и должна помещаться в зоне действия первой тарелки. Затухание действия первой тарелки наблюдается на расстоянии 4-5 диаметров шаров.*

Ключевые слова: *Стабилизатор, тарелок трех видов, неподвижные, подвижные, шаров с ножками, неподвижные стабилизаторы, подвижные стабилизаторы, виде шара, насаженного, шаровые тарелки, аммиака в абсорбционно-десорбционном цикле, жаропрочных материал, схема аппарата.*

Annotatsiya. *Sferik plastinkada ochiq kesma maydoni sharlarning kattaligiga bog'liq emas va 21,5% ni tashkil qiladi. F_c = 20% va d_0 = 30 mm bo'lgan qo'pol teshilgan plastinka bilan solishtirganda, Kys 4 marta va elak plitasi bilan solishtirganda, K_{ys} 2 marta va L = 25 m3 / m2 soatda shar plastinkasining samaradorligi. taxminan 90% ni tashkil qiladi, katta teshikli plastinkaning samaradorligi taxminan 50% ni tashkil qiladi. Kesilgan va qattiq sharli plitalar o'rganildi. Birinchisi uchun K_{ys} ikkinchisining taxminan 70% va Δp = 0,8 kPa da, birinchisi uchun K_{ys} = 2,5 m/s va ikkinchisi uchun 3,5 m/s. Eng yuqori Kysga ega bo'lgan eng barqaror plastinka rejimi to'lib toshgan to'plari kesilgan qo'shaloq plastinka uchun kuzatiladi. Ikkinchi plastinka bu erda sobit stabilizator bo'lib xizmat qiladi va birinchi plastinkaning qamrov zonasiga joylashtirilishi kerak. Birinchi plastinka ta'sirining susayishi 4-5 to'p diametrli masofada kuzatiladi.*

Kalit so'zlar: *Stabilizator, uch turdagi plastinalar, qo'zg'almas, harakatlanuvchi, oyoqli sharlar, qo'zg'almas stabilizatorlar, harakatlanuvchi stabilizatorlar, shar o'rnatilgan ko'rinishda, sharli tovoqlar, yutilish-desorbsion siklda ammiak, issiqlikka chidamli material, apparat diagrammasi.*

Abstract. *On a spherical plate, the open cross-sectional area does not depend on the size of the balls and is 21.5%. Compared to a coarsely perforated plate with F_c = 20% and d_0 = 30 mm, K_{ys} is 4 times greater, and compared to a sieve plate, K_{ys} is 2 times greater, and the efficiency of the ball plate at L = 25 m3/m2h is about 90% , The efficiency of a large-perforated plate is about 50%. Plates with cut and solid balls were studied. K_{ys} for the first is about 70% of the second and at Δp = 0.8 kPa, K_{ys} = 2.5 m/s for the first and 3.5 m/s for the second. The most stable plate*

mode with the highest K_{ys} is observed for a double plate with cut balls with overflow. The second plate serves here as a fixed stabilizer and must be placed within the coverage area of the first plate. The attenuation of the action of the first plate is observed at a distance of 4-5 ball diameters.

Keywords: *Stabilizer, three types of plates, fixed, movable, balls with legs, fixed stabilizers, movable stabilizers, in the form of a ball mounted, ball trays, ammonia in the absorption-desorption cycle, heat-resistant material, apparatus diagram.*

Широкое применение тарельчатых абсорберов по очистке газовых выбросов ставит задачу разработки и внедрения новых высокоэффективных и высокопроизводительных контактных устройств.

К числу таких устройств относятся тарелки с плато из шаров.

Одним из важнейших условий повышения эффективности аппарата является возможность работы аппарата в широком диапазоне скоростей газа и плотностей орошения, что обеспечивает устойчивую работу при изменении скоростей газа. Однако использование тарелок с плато, собранным из шаров, позволяет работать лишь при сравнительно высоких скоростях газа с небольшим гидравлическим сопротивлением. Наличие шаров-стабилизаторов на такой тарелке увеличивает диапазон работы по газу и жидкости. Тарелка начинает работать уже при 1 м/с и невысоких плотностях орошения.

Для определения диапазона работы были исследованы тарелки нового вида следующих модификаций:

№1. Тарелка с плато из шаров [1].

№2. Тарелка с плато из шаров с подвижными шарами-стабилизаторами.

№3. Тарелка с плато из шаров с неподвижными шарами-стабилизаторами.

Необходимо отметить, что третья модификация тарелки с неподвижными стабилизаторами может рассматриваться как двойная шаровая тарелка.

Опыты проводились на стандартной системе – вода-воздушно-аммиачная смесь, в абсорбционной колонне диаметром 300 мм, при скоростях воздуха от 1 до 3,5 м/с и плотностях орошения от 9,5 до 38 $м^3/м^2ч$. В ходе опытов измерялось: гидравлические сопротивления контактного устройства, высота динамического слоя на тарелке визуально, как среднее между крайним нижним и крайним верхним выбросом, величина уноса жидкости из аппарата в единицу времени, температура воды и воздушно-аммиачной смеси, изменение концентрации аммиака. Концентрации аммиака в смеси до и после тарелки определялись поглощением аммиака раствором серной кислоты. Для этого отбирались пробы воздушно аммиачной смеси до и после тарелки и протягивались стандартным аспиратором через склянки Дрекселя. Склянки заполнены 0,1% раствором H_2SO_4 с добавлением индикатора метил-оранджа. Двумя секундомерами засекалось время до изменения окраски индикатора. После не сложного перерасчета получили начальную и конечную концентрации аммиака в смеси. Опытные данные по определению Δp и уноса для плотности орошения 30 $м^3/м^2ч$ и переменных скоростях газа приведены на рис. 1. По графику для гидравлических сопротивлений рис. 1. видно, что на тарелке как с подвижным, так и с неподвижными стабилизаторами меняется гидродинамический режим работы. Изменение режима работы определяется точками перелома на графиках [2].

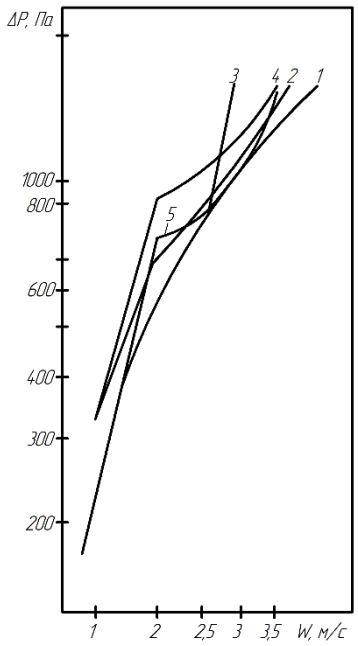

Рис. 1. *Зависимость величины гидравлических сопротивлений от скорости газа:*

1 – тарелка с плато из шаров.

2 – тарелка с плато из шаров с неподвижными стабилизаторами.

3 – тарелка с плато из шаров с неподвижными стабилизаторами с расстоянием между плоскостями тарелки, равным 5 $d_ш$, 4 – то же, но расстояние 2,5 $d_ш$, 5 – то же, но расстояние.

Перелом линии для тарелки с подвижными шарами-стабилизаторами характеризует момент подъема всех шаров и начало работы шаров-стабилизаторов как слоя подвижной насадки. В случае тарелки с неподвижными стабилизаторами точка перелома определяет появление единого динамического слоя на обеих плоскостях тарелки. В этот же момент начинают резко возрастать гидравлические сопротивления системы. Это объясняется тем, что отверстия второй плоскости тарелки полностью забиты пеной, что резко ухудшает условия для прохождения газа. Необходимо отметить, что в случае тарелки с плато из шаров *1* перелома на линии графика нет. На рис. 2 приводится величина уноса жидкости из аппарата в зависимости от скорости газа.

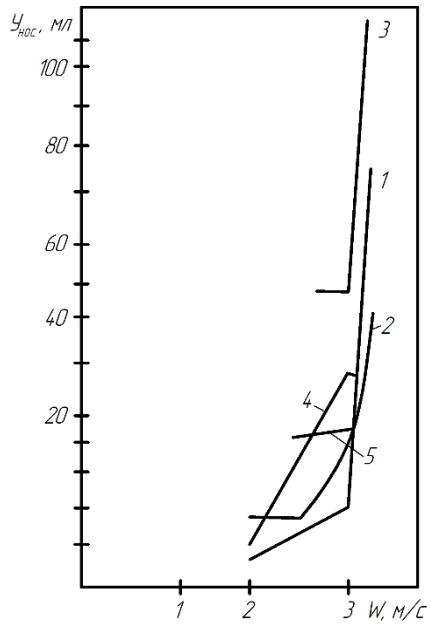

Рис. 2. *Зависимость величины жидкости от скорости газа.*

Максимальная величина уноса жидкости получена на тарелке №3, при расстоянии равном 5 $d_ш$ между плоскостями. Переломы на этих линиях (что соответствует скорости газа 3 м/с) отвечают изменению вида уноса жидкости из аппарата. Так, если при скоростях до 3 м/с унос жидкости определяется в основном пневмотранспортом частиц жидкости, то с этого момента жидкость начинает выбрасываться из аппарата, колонна заливается.

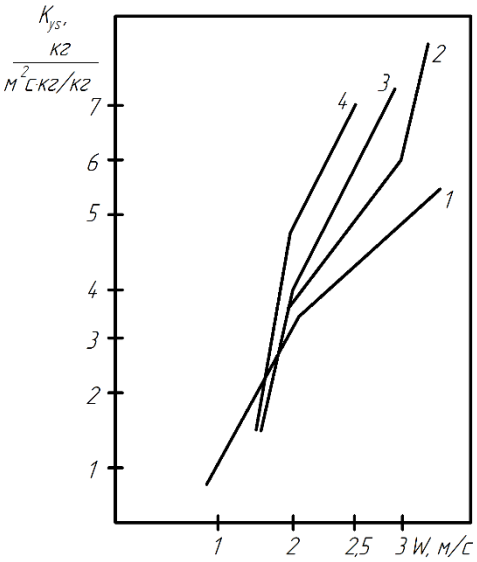

Рис. 3. *Зависимость коэффициента массопередачи от скорости газа.*

Из графика видно, что при скорости 1 м/с работает лишь тарелка №2 с подвижными шарами-стабилизаторами, на тарелках других модификаций жидкость проваливается.

Таблица 1.

Энергоемкость тарелок с плато из шаров различной модификации.

W, м/с	$K_{ys}, \frac{кг}{м^2 с \, кг/кг}$	Δр, Па	$\frac{K_{ys}}{\Delta p}$
Тарелка № 2 с подвижными стабилизаторами.			
1,0	1,00672	255,06	0,0039469
1,5	1,630195	431,64	0,0037767
2,0	2,824289	824,04	0,0034273
2,5	3,32062	981,00	0,0033849
3,0	4,098318	1059,48	0,0038682
Тарелка № 3 с неподвижными стабилизаторами, расстояние между плоскостями равно $d_ш$			
1,5	1,66090143	431,64	0,0038478
2,0	2,969357	892,71	0,0033259
2,5	4,027647	1000,62	0,0040248
3,0	5,334438	1177,2	0,004531
3,2	7,9592859	1765,8	0,0045073
Тарелка № 3, но расстояние равно 2,5			
1,5	1,6044199	412,02	0,003894
2,0	2,9101346	725,94	0,0040087
2,5	5,181106	1422,45	0,0036423
3,0	6,7640452	1962,00	0,0034469
Тарелка № 3, но расстояние равно 5			
1,5	1,528061	343,35	0,0044504
2,0	3,6963984	882,9	0,0044865

2,5	5,88572052	2550,6	0,002307

Расчет коэффициентов массопередачи производится по зависимости, приведенной в

$K_{ys} = N_{oy} \cdot W$

Данные расчета приводятся на графике для плотности орошения 30 м^3/м^{2}ч и скорости газа от 1 до 3 м/с. Из рисунка видно, что изменение массообменных процессов соответствует переломам на графике, описывающим функцию $K = f(N_{oy}, W)$, точка перелома наблюдается при скорости 2 м/с.

Для определения энергоемкости системы нами был проведен элементарный расчет, в котором определялось количество переносимого вещества на единицу гидравлического сопротивления.

Исходя из данных таблицы можно сделать следующие выводы:

Наименее энергоемкой инструкцией является тарелка №3 с неподвижными стабилизаторами с расстоянием между плоскостями 5. Оптимальный режим работы такой тарелки W = 2,5 м/с, L = 30 м^3/м^{2}ч.

Еще одним преимуществом такой тарелки является упрощение сборки по сравнению с тарелкой №2 с подвижными стабилизаторами.

Однако, наиболее «гибкой» конструкцией, работающей в диапазоне скоростей от 1 до 3,2 м/с, является тарелка с подвижными стабилизаторами.

Обозначения:

K_{ys} – коэффициент массопередачи;

N_{oy} – число единиц переноса;

W – скорость газа, м/с;

Δp – гидравлическое сопротивление, Па.

Рассматривается тарелка с шаровыми стабилизаторами, рис. 4.

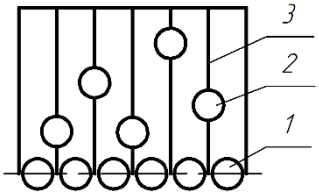

Рис. 4. *Тарелка с шарами-стабилизаторами на нитях.*

1 – шары с плато тарелки,

2 – шары-стабилизаторы,

3 – направляющая нить.

Опытная установка включает в себя двухсекционную колонну 1, квадратного сечения 250×250 мм, выполненную из прозрачного оргстекла, вентилятор высокого давления 6, производительностью 10000 м^3/ч, приемную емкость для аммиачной воды 7, емкости 8 с центробежным насосом, производительностью 60 м^3/ч для орошения колонны, емкостью 9, для слива кубового остатка и контрольно-измерительные приборы.

Колонна снабжена штуцерами для отбора давления. Измерение расхода жидкости производится ротаметрами 10, расхода воздуха – ротаметрами 11. Сопротивление колонны, напор вентилятора определяется по жидкостным U-образным манометрам. Температура воды и воздуха на входе в колонну и выходе из колонны определяется термометрами сопротивления. Для измерения концентрации аммиака и выходе из колонны установлен датчик газоанализатора марки ДТ-32-12 4У.

На опытной установке производилось определение гидравлических сопротивлений сухой колонны без тарелки и с тарелкой. Другой вариант опытов проводился со сменой

орошаемых тарелок. Использовались три вида орошаемых тарелок. Во время опыта замерялась высота газожидкостного слоя. Опыты ставились при переменной скорости воздуха и переменной плотности орошения. Тарелки имели характеристику: а) Перфорированная тарелка с диаметром отверстий 20 мм и $F_{св}$ = 21,5%. б) Шаровая тарелка с диаметром шаров 35 мм и $F_{св}$ = 21,5%. в) Шаровая со стабилизаторами на нитях, диаметр шаров 35 мм и $F_{св}$ = 21,5%.

Обозначения: 1 – колонна 250×250 мм, 2 – тарелки, 3 – оросительное устройство в виде душа, 4 – пробоотборник, 5 – насос водяной, 6 – вентилятор высокого давления, 7 – приемная емкость, 8 – емкость для подачи воды на орошение, 9 – емкость для слива кубового остатка, 10 – ротаметры водяные, 11 – ротаметры воздушные, 12 – трубка Пито.

КИПиА: 1, 2, 3, 4 – TJR мост термического сопротивления, 5 – дифманометр, 6 – потенциометр, 7, 8 – технические манометры.

Высота динамического слоя измерялась как среднее между крайним и нижним и крайним верхним выбросом, с абсолютной погрешностью 20 мм. Расход жидкости контролировали прибором при классе точности его ±1.5. Расход воздуха при скорости до 2 м/с измерялся ротаметрами с точностью до 0,2 м/с, абсолютная погрешность измерения составляла 0,5 деления ротаметра. При скорости воздуха более 2 м/с расход воздуха определялся при помощи мерной диафрагмы.

Устанавливается заданная плотность орошения, минимальная скорость воздуха – 0,5 м/с. Производятся измерения сопротивления тарелки, температур, напора вентилятора, затем устанавливается рабочая скорость воздуха. Эта же последовательность сохраняется при плотности орошения 30 $м^3/м^2ч$ и 50 $м^3/м^2ч$.

Таким образам, стабилизаторы для тарелок были трех видов: неподвижные, подвижные в виде шаров с ножками и подвижные на проволоке. Из этих трех видов оказались лучше других неподвижные стабилизаторы в виде 2-ой тарелки. Подвижные стабилизаторы в виде шаров на ножках нужно ставить реже. Подвижные, в виде шара, насаженного на проволоку, по которой он двигается, не мешает друг другу, но было сделано мало опытов. На производстве применяются шаровые тарелки без стабилизатора для экологического улавливания аммиака в абсорбционно-десорбционном цикле на Узбекском комбинате тугоплавких жаропрочных материалов после выпарки. Абсорбционная колонна состоит из двух частей. Нижняя часть выполняется с насадкой из керамических колец Рашига; верхняя часть из шаровых тарелок. Для уменьшения продольного перемешивания предложена схема аппарата с подвижными шаровыми тарелками.

REFERENCES

1. Атауллаев О.Х. Тарелки со слоем псевдоожиженной насадки и без неё уменьшенной энергоемкости// Монография, Навоий. 2021. 108 с.
2. O.X. Ataullaev, A.O.Ataullaev, Sh.B.Ochilov, B.T.Bisenova, M.Sh.Boltaeva..Double-Row Tube Lattice Plates And Jet Plates With Organized Drainage of Liquid// Jilin Daxue Xuebao (Gongxueban)/Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition) ISSN: 1671-5497 E-Publication: Online Open Access Vol: 42 Issue: 01-2023 DOI 10.17605/OSF.IO/SXUCY. – PP. 223-240.
3. Атауллаев О.Х., Атауллаев А.О. Алгоритмы синтеза и вероятности срыва для оптимального слежения в следящих системах Журнал «Развитие науки и технологий» - Бухара, 2022. - №3. – С. 217-224.

4. Mardonova Feruza Boboqulovna “Использования активных методов обучения физике в средней школе”. //Mikro va nanotexnologiya, yangi materiallar olishning zamonaviy holati va istiqbollari mavzusidagi xalqaro konferensiya QarshiDU-2023. -315-317 b.
5. Usmonova Sohiba Toyir qizi JCROSS (CROSSWORD) – BLOCK USAGE METHODOLOGY uzbek scholar journal volume- 24, january, 2024 www.uzbekscholar.com 236-241
6. O’. K. Sunnatova, G. I. Saifullayeva Research in students in physics and astronomy classes and the development of competencies of the XXI century. Ways of organizing project activities of students in physics education Uzbek Scholar Journal Volume-24, January, 2024 www.uzbekscholar.com 101-108
7. Sayfullayeva Gulhayo Ikhtiyor kizi, Bozorova Aziza Murodilla kizi The practical importance of an integrative approach to teaching astronomy from a small school age uzbek scholar journal volume- 24, january, 2024 www.uzbekscholar.com 130-133
8. Saifullayeva Gulhayo volunteer daughter Interactive Applications From Astronomy And Ways To Manage Them Uzbek scholar journal volume- 24, january, 2024 www.uzbekscholar.com 123-129
9. Kamolov Ikhtiyor Ramazonovich FEATURES OF USING MATHEMATICAL KNOWLEDGE AND LAWS OF PHYSICS IN TEACHING ASTRONOMY Uzbek scholar journal volume- 24, january, 2024 www.uzbekscholar.com 152-157
10. I.R. Kamolov, G.I. Sayfullaeva -Formation of teacher’s competence in the performance of laboratory and experimental works Journal of critical reviews. ISSN-2394-5125, 2020
11. Ochilov Sh. B. Improving the methodology for the development of environmental competencies of students in the interdisciplinary teaching of physics //J. Acadecia An International Multidisciplianary Reserd. №10 -2021. –p. 1269-1273.
12. Ochilov Sh.B., Nematov B., Sharipov A.A., Mavlonova Yu.I., Usmonova S.T. Pedagogical-psychological diagnostic bases of preparing students for professional activity in technology education // J. Science and innovation. – O’zbekiston. №2. -2023. -p. 271-276.
13. Nematov B., Sharipov A.A., Ochilov Sh.B., Mavlonova Yu.I., Possibilities of using interactive tools in education // J. Science and innovation. – O’zbekiston. №2. -2023. -p. 117-120.
14. Ochilov Sh. B., Ismoyilov D. B., Maxamatova I. R. O‘quvchilarga serviz xizmati yo’nalishini fanlararo o ‘qitish metodikasi // J. Uzbek Scholar. O’zbekiston. №2/12.-2024. –p.70-74.
15. Ochilov Sh. B. O’quvchilarga energetikaning ekologik muammolarini fanlararo o’rgatish // Образование и инновационные исследования международный научно-методический журнал. № 4/18. -2023. -B. 257-261.
16. Ochilov Sh.B. Texnologiya fanini fanlalaro o’qitishda o‘quvchi ekologik kompetensiyasini rivojlantirish texnologiyalari // J. Science and innovation. № 1/7. O’zbekiston. -2022. –p. 1059-1064.
17. Nematov B., Ochilov Sh. B., O’quvchilarga sinfdan tashqari mashg’ulotlarni ekoturizm orqali rivojlantirish metodikasi // J. Uzbek Scholar. №2/17. O’zbekiston. -2024. –p. 78-81.