

## РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО И НИЗКОЭНЕРГОЕМКОГО МАССООБМЕННОГО И ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕГО АППАРАТА

Мейрбеков А.Т., Ибрагимова Э.К.,  
Мейрбек С.А.

*Международный казахско-турецкий университет  
им. Ходжи Ахмета Ясави, Туркестан,  
e-mail: abdilda@mail.ru*

Проведен анализ существующих массообменных и пылеулавливающих аппаратов, с целью удовлетворения современных экологических требований, предъявляемых к устройствам очистки разработан массообменный и пылеулавливающий аппарат с конусно-щелевой тарелкой. Основными преимуществами данного аппарата являются простота конструкции, легкость монтажа и демонтажа, высокая эффективность и низкая энергоемкость. Данный аппарат прошел промышленное испытание и внедрен в производство на линии выброса выхлопных газов и пыли, выбрасываемых из дымовой трубы отопительных котлов школы-интерната, рекомендован для внедрения и в других отраслях производства для очистки пыли и газов, выбрасываемых в атмосферу.

На Новом этапе развития Казахстана по стратегии «Казахстан-2030» главным приоритетом всесторонней модернизации Республики Президентом определены 30 важнейших направлений внутренней и внешней политики, среди которых государственная политика, направленная на управление ростом и устойчивостью экономики страны через диверсификацию, инфраструктурное развитие и создание основ высокотехнологичной дальнейшей индустриализации [1]. Следует заметить, что рост производства может привести к загрязнению окружающей среды.

Загрязнение воздуха оказывает вредное воздействие на живые организмы следующими путями:

- 1) доставляя аэрозольные частицы и ядовитые газы в дыхательную систему человека и животных, в листья растений;
- 2) повышая кислотность атмосферных осадков, которая, в свою очередь, влияет на изменение химического состава почв и воды;
- 3) стимулируя такие химические реакции в атмосфере, которые приводят к увеличению продолжительности облучения живых организмов вредоносными солнечными лучами;
- 4) изменяя в глобальном масштабе состав и температуру атмосферы, создавая таким образом условия, неблагоприятные для выживания организмов.

Существующие на сегодняшний день очистные устройства не в полной мере обеспечивают очистку вредных веществ выбрасываемых в атмосферу из-за физического износа, морального старения и малоэффективного оборудования,

что требует применения современных способов снижения выбросов загрязняющих веществ.

В настоящее время для очистки газов от пыли более приемлемыми являются мокрые пылеуловители. Среди мокрых пылеуловителей эффективными считаются пылеуловители с инерционно-турбулентной подвижной насадкой (ИТПН), пенные аппараты со стабилизаторами слоя (ПАСС), скрубберы Вентуры и т.п. Наиболее эффективными и малоэнергоёмкими являются пылеуловители с двумя зонами контакта фаз. Однако, пылеуловители с ИТПН отличаются непрактичностью при эксплуатации из-за частой поломки струн, ПАСС подвержены забиванию и поломки стабилизаторов слоя, а скрубберы Вентуры энергоёмки.

**Актуальность проблемы.** Развитие индустриализации страны, физический износ и моральное старение существующих аппаратов газо-пылеочистки может привести к интенсивному загрязнению окружающей среды, что оказывает негативное влияние как на здоровье человека, так и на флору и фауну. На этой основе разработка эффективных конструкций очистных устройств становится актуальной проблемой.

**Цель исследования.** Разработка высокоэффективного и малоэнергоёмкого массообменного и пылеулавливающего аппарата для очистки пыли продуктов горения котлов по выработке тепловой энергии и внедрения в производство.

**Материалы и методы исследования.** В настоящее время известно несколько сотен различных конструкций аппаратов для очистки газов от пыли и газоочистки [2–7]. Среди них, наиболее перспективными являются аппараты с дополнительными зонами контакта фаз [3, 8–14]. Перспективность данного способа заключается в простоте конструкции и малой энергоёмкости из-за низкого гидравлического сопротивления, высокой степени очистки и возможности эксплуатации аппаратов в широких диапазонах нагрузок, как по жидкости, так и по газу. Недостатками данного оборудования являются высокая энергоёмкость, по сравнению с разработанной конструкции массообменного и пылеулавливающего аппарата [15]. Исследование эффективности пылеулавливания массообменного и пылеулавливающего аппарата с конусно-щелевой тарелкой проводили на установке, представленной на рис. 1.

Колонна из органического стекла 2, состоит из трех секций с диаметрами 0,3 м и высотой 0,3 м и тремя контактными устройствами. Контактные устройства изготовлены в виде конусно-щелевой тарелки, состоящих из нескольких перевернутых усеченных конусов, установленных вдоль образующей конусной поверхности соединенных между собой стержнями с фиксированными зазорами; кольца для крепления тарелки, сливной трубы и распределительного диска.

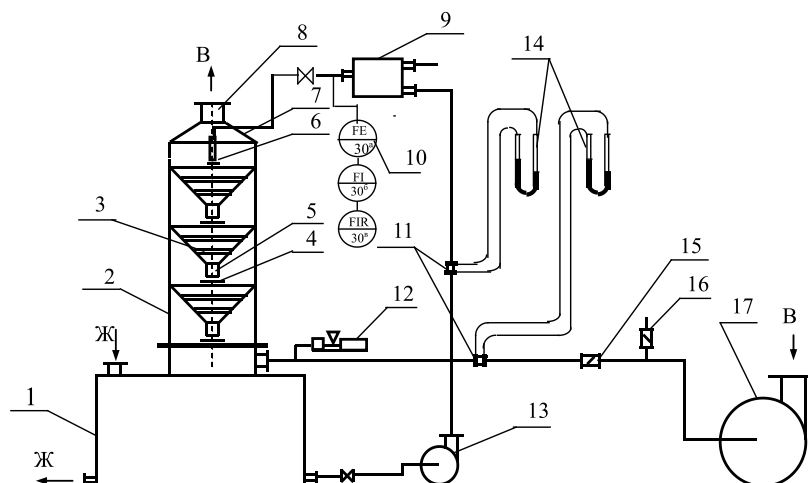


Рис. 1. Экспериментальная установка по исследованию процесса пылеулавливания в массообменном и пылеулавливающем аппарате с конусно-щелевой тарелкой. 1 – Емкость; 2 – Колонны из оргстекла; 3 – Конусно-щелевая тарелка; 4 – Рас-пылительный диск; 5 – Сливной патрубок; 6 – Отражательный диск; 7 – Конфузор; 8 – Выхлопная труба; 9 – Напорный бак; 10 – Прибор учета жидкости; 11 – Диафрагма; 12 – Пылеподатчик; 13 – Насос; 14 – U-образный манометр; 15 – Шибер; 16 – Байпас; 17 – Вентилятор

В процессе проведения эксперимента подача жидкости из емкости 1 в колонну 2 осуществляется с помощью насоса 13. Жидкость с насосом 13 подается к напорному баку 9 и оттуда направляется к отражательному диску 6. Из отражателя жидкости 6, жидкость растекается к внутренней поверхности стенки колонны 2, обеспечивая при этом устойчивое растекание жидкости по всему периметру. Далее жидкость поступает к верхней части внутренней стороны конусно-щелевой тарелки 3 и стекая по ней в виде пленки жидкости поступает к сливному патрубку 5. Оттуда жидкость направляется к распределителю 4 и по ней растекает в горизонтальном направлении по всему периметру к стенке колонны 2. Попадая к стенке колонны 2 жидкость разбрызгивается по сторонам и под действием силы тяжести направляется обратно к емкости 1.

Подача воздуха обеспечивалась вентилятором марки ВВД-9 17 и регулировалась шибером 15 и U-образным манометром 14. Запыление воздушного потока осуществлялась с помощью пылеподатчика 12, представленного на рисунке 11, перед входом воздушного потока в колонну 2. Запыленный воздушный поток, входя в нижнюю часть колонны 2 и поднимаясь вверх, соударяется с кольцевой жидкостной пленкой, вытекающей из щели между сливным патрубком 5 и распределительным диском 4 нижележащей ступени, при этом происходит инерционное осаждение частиц пыли. Далее пылевоздушный поток, проходя через брызги и капли у стенки колонны 2, направляется к конусно-щелевой тарелке 3 и, проходя через щель между перевернутыми усеченными конусами, взаимодействует с пленкой жидкости, стекающей по внутренней поверхности тарелки 3, при этом также

осуществляется осаждение частиц пыли. Далее запыленный воздушный поток направляется поочередно к вышестоящим контактным устройствам в виде конусно-щелевой тарелки 3, где взаимодействие жидкости и пылевоздушного потока и их осаждения повторяются также как в предыдущей конусно-щелевой тарелке 3. Подвергший к очистке пылевоздушный поток из верхней конусно-щелевой тарелки 3 через конфузор 7 направляется к выходному патрубку и через выхлопную трубу 8 выбрасывается в атмосферу.

Взаимодействие фаз в двух зонах контакта обеспечивает высокую эффективность пылеулавливающих процессов.

Регулирование подачи жидкости и их контроль осуществляли с помощью диафрагмы 11 и U-образного манометра 14. Кроме того, дополнительно вели контроль с помощью мембранного дифференциального манометра и вторичного показывающего прибора типа ДСР 10.

Регулирование подачи воздуха и их контроль производили через шибер 15, диафрагмы 11 и U-образного манометра 14. При подаче в колонну 2 малого количества воздуха излишнее количество воздуха выбрасывали в атмосферу с помощью байпаса 16.

Во всех экспериментах концентрацию пыли на входе в аппарат поддерживали в дозе около 2 г/м.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Запыленность потока ( $\text{г/м}^3$ ) определяли по уравнению [2]:

$$C_k = \frac{q}{V_0 \cdot \tau_{\text{он}}}, \quad (1)$$

где,  $q$  – привес в аллонже, г;

$V_0$  – объемная скорость газа при отборе, приведенная к нормальным условиям,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\tau_{\text{он}}$  – продолжительность отбора (опыта), с.

Начальную концентрацию пыли определяли также по уравнению:

$$C_{\text{н}} = \frac{m}{V_r \cdot \tau_{\text{он}}}, \quad (2)$$

где,  $m$  – масса пыли, распыленная пылеподатчиком за опыт, г;

$V_r$  – объемный расход газа через аппарат,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Общая эффективность очистки:

$$\eta_{\text{общ}} = \frac{C_{\text{н}} - C_{\text{к}}}{C_{\text{н}}} \cdot 100\% \quad (3)$$

где,  $C_{\text{к}}$  – конечная концентрация пыли,  $\text{г}/\text{м}^3$ .

Из рис. 2 видно, что максимальный показатель степени очистки достигается при скорости газа 3,0 м/с. Дальнейшее увеличение скорости газа приводит к уносу жидкости, которое способствует к снижению степени очистки.

Увеличения степени очистки также наблюдаются при увеличении расхода жидкости (рис. 3).

Результаты исследования аппарата показали увеличение эффективности очистки пыли с увеличением скорости газа до скорости равной до 3,0÷3,5 м/с. При достижении скорости газа 4 м/с наблюдался снижение эффективности очистки, которое объясняется уносом жидкости, вследствие чего уменьшается количество контактирующих фаз. Выявлен оптимальный гидродинамический режим, составляющий  $W_{\Gamma} = 3,0 \div 3,5$  м/с и  $Q_{\text{ж}} = 0,0018$   $\text{м}^3/\text{с}$ , который обеспечивает высокую эффективность очистки пыли.

На основании результатов лабораторного исследования проведены промышленные испытания массообменного и пылеулавливающего аппарата с конусно-щелевой тарелкой на линии выброса выхлопных газов и пыли выбрасываемых из дымовой трубы отопительных котлов школы-интернат № 5 Казыгуртского района ЮКО РК.

Испытания проводились при изменении режимных параметров в следующих диапазонах:

- Скорость газа  $W = 2-4$  м/с;
- Удельное орошение  $m = 0,6-1,2$  л/м<sup>3</sup>;

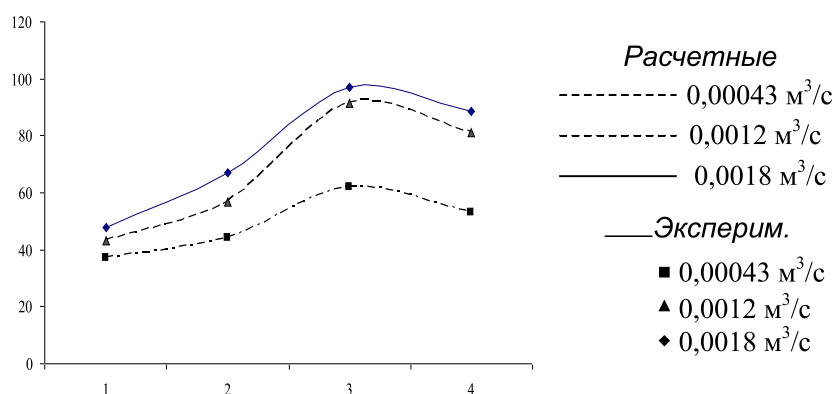


Рис. 2. Зависимость степени очистки от скорости газа

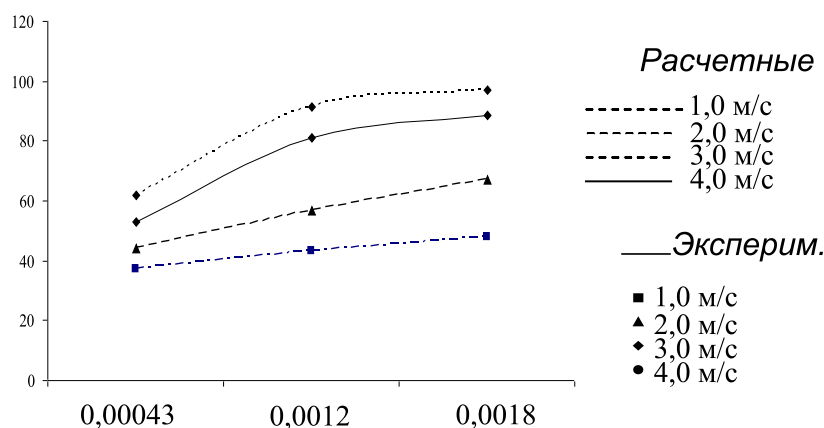


Рис. 3. Зависимость степени очистки от расхода жидкости

- Температура газа  $t = 180\text{--}200\text{ }^\circ\text{C}$ .

По итогам проведенных испытаний выбран и предложен оптимальный режим работы мокрого пылеуловителя:

- Скорость газа  $W = 3,1\text{--}3,5\text{ м/с}$ ;
- Удельное орошение  $m = 0,8\text{ л/м}^3$ ;
- Температура газа  $t = 180\text{--}190\text{ }^\circ\text{C}$ .

В результате реконструкции линии выбросов загрязняющих веществ количество пыли золы, выбрасываемый в атмосферу снизился с  $m_1 = 21,2\text{--}22,1\text{ т/год}$ , до  $0,61\text{--}0,69\text{ т/год}$ , что соответствует  $\eta = 96,9\text{--}97,1\%$  эффективности работы пылеулавливания массообменного и пылеулавливающего аппарата с конусно-щелевой тарелкой.

Результаты промышленных испытаний аппарата также показали:

– Устойчивость работы в диапазоне скоростей газа  $Wr = 3,2\text{--}3,5\text{ м/с}$ ;

– Низкое гидравлическое сопротивление пылеуловителя не превышающее  $\Delta P = 210\text{--}225\text{ Па}$ ;

– Надежность работы в процессе эксплуатации.

Эколого-экономический эффект от внедрения массообменного и пылеулавливающего аппарата с КЩТ на линии выброса загрязняющих веществ школы составил 1 064 283,54 тенге (7000 долларов США).

По результатам промышленных испытаний массообменный и пылеулавливающий аппарат с конусно-щелевой тарелкой внедрен в производство и рекомендован для широкого внедрения в других отраслях промышленности для очистки пыли и газов, выбрасываемых в атмосферу.

Выводы.

1. На основе литературных и патентных исследований выявлены перспективные конструкции пылеуловителей, на основе которого разработан массообменный и пылеулавливающий аппарат, защищенный инновационным патентом РК.

2. Результаты теоретических и экспериментальных исследований показали эффективность исследуемого массообменного и пылеулавливающего аппарата с конусно-щелевой тарелкой.

3. Промышленное испытание массообменного и пылеулавливающего аппарата под-

твердили высокую эффективность по очистке пыли золы.

4. По результатам промышленных испытаний разработанный массообменный и пылеулавливающий аппарат внедрен в производство и рекомендован к широкому внедрению.

5. В результате реконструкции линии выброса загрязняющих веществ в школе загрязнения пыли атмосферы сокращены от 21,56 т/г до 0,647 т/г.

6. Эколого-экономический эффект от внедрения массообменного и пылеулавливающего аппарата с КЩТ на линии выброса загрязняющих веществ школы составил 1 064 283,54 тенге.

#### Список литературы

1. Стратегии развития Казахстана до 2030 г.
2. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылеулавливание и очистка газов: учеб. для вузов. – М.: Металлургия, 1968. – 499 с.
3. Мейрбеков А.Т. Техника защиты атмосферного воздуха: Туркестан, учеб. для вузов. – Туркестан: Туран, 2006. – 106 с.
4. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю. Мягков Б.И., Решедов И.Г. Очистка промышленных газов от пыли: учеб. для вузов. – М.: Металлургия, 1981. – 392 с.
5. Шарафиев А.Ш. Гидродинамика и массообмен на крупнодырчатых провальных тарелках со стабилизатором слоя активного типа: дис... канд. техн. наук, – Шымкент. 2000. – 150 с.
6. Ковалев О.С., Мухленов И.П., Туболкин А.Ф., Балабеков О.С. Абсорбция и пылеулавливание в производстве минеральных удобрений: – М.: Химия, 1987. – 206 с.
7. Алтаев М.А., Балабеков О.С., Серманизов С.С., Мейрбеков А.Т., Алтаев О.М. Переливное устройство // Пред. патент на изобретение РК № 14428. 2004. БИ № 6.
8. Алтаев М.А., Балабеков О.С., Мейрбеков А.Т., Серманизов С.С., Дарибаев Ж.Е. Контактное устройство для тепломассообменных процессов // Пред. патент на изобретение РК № 13648. 2003. БИ № 11.
9. Алтаев М.А., Балабеков О.С., Мейрбеков А.Т., Серманизов С.С., Колдасов Т.С. Контактное устройство // Пред. патент на изобретение РК № 13532. 2003. БИ № 10.
10. Алтаев М.А., Балабеков О.С., Серманизов С.С., Мейрбеков А.Т., Алтаев О.М. Переливное устройство // Пред. патент на изобретение РК № 14429. 2004. БИ № 6.
11. Алтаев М.А., Балабеков О.С., Серманизов С.С., Мейрбеков А.Т., Алтаев О.М., Колдасов Т.С. Контактное устройство для тепломассообменных процессов // Пред. патент на изобретение РК № 14427. 2004. БИ № 6.
12. Мейрбеков А.Т., Балабеков О.С., Мейрбектеги С.А., Раимбердиев Т.П. Массообменный и пылеулавливающий аппарат // Инновационный патент на изобретение РК № 24355. 2011. БИ № 8.