



УДК 66.074.2

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ НА НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ



## IMPROVING THE EFFICIENCY OF GAS PURIFICATION PROCESSES FROM FINE PARTICULATE MATTER AT PETROCHEMICAL ENTERPRISES

**Зинуров Вадим Эдуардович**

инженер,  
Казанский государственный энергетический университет  
vadd\_93@mail.ru

**Мубаракшина Рузиля Радиковна**

Казанский государственный энергетический университет  
ruzilya.mubarakshina.01@mail.ru

**Аннотация.** В работе рассматривается проблема очистки газовых потоков от мелкодисперсных частиц на предприятиях нефтехимического сектора. Предложена конструкция прямоугольного сепаратора для интенсификации очистки газов от частиц пыли размером до 10–20 мкм. Описан принцип действия прямоугольного сепаратора. В работе показано, что существует 3 режима работы устройства. Наиболее эффективный соответствует скоростям газового потока до 10 м/с.

**Ключевые слова:** мелкодисперсные частицы, очистка газа, частицы пыли, газовые выбросы, сепаратор, циклон.

**Zinurov Vadim Eduardovich**

Engineer,  
Kazan State Energy University  
vadd\_93@mail.ru

**Mubarakshina Ruzila Radikovna**

Kazan State Energy University  
ruzilya.mubarakshina.01@mail.ru

**Annotation.** The paper deals with the problem of cleaning gas flows from finely dispersed particles at the enterprises of petrochemical sector. The design of rectangular separator for intensification of gas purification from dust particles up to 10–20 microns in size is proposed. The principle of operation of rectangular separator is described. It is shown that there are 3 operating modes of the device. The most efficient one corresponds to gas flow velocities up to 10 m/s.

**Keywords:** fine-dispersed particles, gas purification, dust particles, gas emissions, separator, cyclone.

Одной из важных задач нефтехимических предприятий является улучшение экологической обстановки. В частности, это относится к повышению качества очистки газовых потоков от частиц пыли. Основными устройствами для очистки газов от твердых частиц, содержащихся в продуктах сгорания при сжигании нефтяных коксов, угля, мазута и др. тяжелых топлив на нефтехимических предприятиях являются электрофильтры, инерционные пылеуловители, рукавные фильтры и аппараты мокрой очистки. Однако из-за таких показателей, как низкая эффективность улавливания мелкодисперсных частиц, высокая стоимость сепарационного устройства и потребность в многократной замене некоторых элементов, их применение становится ограниченным. Также, зачастую гидравлическое сопротивление таких аппаратов может достигать 3000 Па, что приводит к увеличению энергетических затрат на проведение процессов пылегазоочистки. К процессу газоочистки необходимо подходить рациональным путем, совмещающим высокую эффективность, надежность и оправданную стоимость. Следует отметить, что особой сложностью в процессах пылегазоочистки является улавливания мелкодисперсных частиц размером менее 10–20 мкм [1–3].

Поэтому целью данной работы является разработка новой конструкции пылеулавливающего устройства для увеличения эффективности очистки газовых потоков от мелкодисперсных частиц пыли, образующихся при сжигании тяжелых видов топлив на нефтехимических предприятиях.

Для решения поставленной цели авторами данной работы была разработана и изготовлена конструкция прямоугольного сепаратора [4–9]. Прямоугольный сепаратор представляет достаточно простую конструкцию: 4 ряда двутавровых элементов, которые образуются путем соединения прямоугольных пластин, имеющих вырезы с пластинами – перегородками и прямоугольный разборный корпус. Для исключения расшатывания двутавровых элементов конструкция затягивается с помощью шпилек и гаек (рис. 1).

Принцип работы устройства можно описать следующим образом: воздушный запыленный поток входит в прямоугольный сепаратор из воздуховода, далее газ обтекает 4 ряда двутавровых элементов, при обтекании возникают центробежные силы, которые отбрасывают мелкодисперсные частицы к стенкам, где они прилипают к ним вследствие действия электростатических и межмолекулярных сил. Таким образом газовый поток очищается.

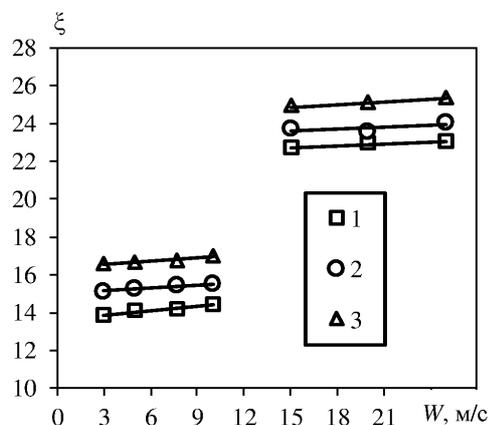
Также были произведены численные исследования в программном комплексе ANSYS Fluent. В ходе которых были смоделированы различные формы сепарационных элементов: П-образные и дугообразные. В результате которых было выявлено, что существует три режима работы сепаратора,



которые соответствуют определенным интервалам скоростей: первый режим при скорости газового потока до 10 м/с, второй режим от 10 до 15 м/с, который являлся переходным от первого к третьему и третий режим при скорости более 15 м/с. При скорости газового потока более 15 м/с, что соответствовало третьему режиму работы сепаратора, коэффициент гидравлического сопротивления устройства в среднем равнялся 22,9, 23,8 и 25,1 при использовании дугообразных, двутавровых и П-образных элементов соответственно (рис. 2)



**Рисунок 1** – Предсерийный образце прямоугольного сепаратора с двутавровыми элементами



**Рисунок 2** – Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от входной скорости газового потока: 1 – дугообразные; 2 – двутавровые; 3 – П-образные

Более сложная форма сепарационных элементов не всегда приводит к повышению эффективности сепарации мелкодисперсных частиц из газа, однако по степени усложнения формы элементов увеличивается гидравлическое сопротивление устройства, вследствие большого количества местностей сопротивления в устройстве. В ходе проведенных исследований было установлено, что наиболее эффективными сепарационными элементами являются дугообразные, далее двутавровые и наименее эффективными являются П-образные.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК – 616.2020.8**

**Литература:**

1. Николаев А.Н. Эффективность инерционного осаждения частиц на каплях жидкости в полых вихревых аппаратах при очистке выбросов пищевых производств / А.Н. Николаев, Н.М. Нуртдинов, В.В. Харьков // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 3. – С. 294–296.
2. Оценка энергетических затрат на улавливание мелкодисперсных частиц в сепараторе с дугообразными элементами / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 2. – С. 82–85.
3. Исследование изменения эффективности очистки газового потока от мелкодисперсных частиц прямоугольным сепаратором при разной степени забивки дугообразных элементов пылью / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. – 2019. – Т. 22. – № 8. – С. 42–46.
4. Экспериментальные исследования очистки загрязненных газовых потоков от мелкодисперсных частиц в прямоугольном сепараторе / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 12. – С. 109–112.
5. Влияние загрязнения пылеочистительного сепаратора мелкодисперсной пылью на энергетические затраты в ходе его эксплуатации / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. – 2019. – Т. 22. – № 8. – С. 33–37.
6. Зинуров В.Э. Очистка дымовых газов от мелкодисперсных твердотельных частиц прямоугольным сепаратором // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 108–110.
7. Эффективность входной ступени прямоугольных сепараторов / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 11. – С. 66–69.
8. Влияние конструктивного оформления элементов прямоугольного сепаратора на эффективность очистки газа от твердых частиц / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 9. – С. 58–61.
9. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10. – № 1(37). – С. 74–81.

**References:**

1. Nikolaev A.N. Effectiveness of the inertial settling of the particles on the liquid drops in the hollow vortex apparatuses at the cleaning of the food production emissions / A.N. Nikolaev, N.M. Nurtdinov, V.V. Kharkov // *Vestnik of technological university*. – 2015. – V. 18. – № 3. – P. 294–296.
2. Energy cost estimation for the fine particles capture in the separator with the arc-shaped elements / V.E. Zinurov [et al.] // *Vestnik of Technological University*. – 2020. – V. 23. – № 2. – P. 82–85.
3. Research of the gas flow cleaning efficiency change from the fine dispersed particles by the rectangular separator at different degree of the arc-shaped elements dust plugging / V.E. Zinurov [et al.] // *Newsletter of Technological University*. – 2019. – V. 22. – № 8. – P. 42–46.
4. Experimental research of the contaminated gas flows purification from the fine dispersed particles in the rectangular separator / A.V. Dmitriev [et al.] // *Bulletin of Technological University*. – 2018. – V. 21. – № 12. – P. 109–112.
5. Effect of the dust-cleaning separator pollution by the fine dust on the energy costs during its operation / V.E. Zinurov [et al.] // *Newsletter of Technological University*. – 2019. – V. 22. – № 8. – P. 33–37.
6. Zinurov V.E. Cleaning of the flue gases from the fine-dispersed solid particles by the rectangular separator // *Bulatovskie readings*. – 2018. – V. 5. – P. 108–110.
7. Efficiency of an input stage of the rectangular separators / A.V. Dmitriev [et al.] // *Vestnik of Technological University*. – 2018. – V. 21. – № 11. – P. 66–69.
8. Design influence of the rectangular separator elements on efficiency of gas cleaning from the solid particles / A.V. Dmitriev [et al.] // *Bulletin of Technological University*. – 2018. – V. 21. – № 9. – P. 58–61.
9. Efficiency of the rectangular separator depending on design of the elements inside the apparatus / A.V. Dmitriev [et al.] // *Vestnik of Kazan State Energy University*. – 2018. – V. 10. – № 1(37). – P. 74–81.