

Аллабердин Азамат Ильдарович, студент,
ФГБОУ ВО “Уфимский государственный
нефтяной технический университет”

Шарафиев Роберт Гарафиевич, профессор д.т.н.,
ФГБОУ ВО “Уфимский государственный
нефтяной технический университет”

Байбурин Эдуард Рамилевич, профессор к.т.н.,
ФГБОУ ВО “Уфимский государственный
нефтяной технический университет”

Шарафиев Родион Артурович, студент,
ФГБОУ ВО “Уфимский государственный
нефтяной технический университет”

Шарафиев Аскар Маратович,
ФГБОУ ВО “Уфимский государственный
нефтяной технический университет”

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЦИКЛОННОГО СЕПАРАТОРА

Аннотация. В настоящее время циклонные сепараторы являются важным элементом во многих областях промышленности, благодаря их простоте и эффективности очистки газа. Но несмотря на эти положительные стороны, есть необходимость улучшать эффективность циклонных сепараторов.

Ключевые слова: Циклонный сепаратор, степень очистки, неочищенный газ, лопасти, циклонные элементы.

Процесс сепарирования представляет собой технологию, позволяющую разделять различные компоненты смеси при сохранении их изначального химического состава. Сепаратор выступает в роли специального оборудования, обеспечившего данный процесс. Его широкое применение охватывает такие промышленные сферы, как нефтедобывающая, газовая и химическая отрасли.

Ключевая задача исследования состоит в модернизации существующих конструкций сепараторов путём внедрения батарейного циклона в качестве основного элемента разделения. Согласно предварительным расчётам, подобное техническое решение способно существенно улучшить качество очистки газовых сред от конденсатных образований и твёрдых включений.

Конструктивная особенность современных сепараторов базируется на взаимодействии нескольких важных элементов. В их числе основная сепарационная камера, системы, способствующие эффективному разделению компонентов, механизмы контроля уровня жидких сред, а также дополнительное оснащение, включающее измерительные приборы, датчики давления и защитные клапаны.

Оптимальная конструкция качественного сепаратора предполагает наличие специальной зоны для первичного разделения нефтегазовой смеси. Не менее важным элементом является объёмный компенсационный отсек, который обеспечивает стабильность



работы при изменениях входного потока. Правильно подобранные параметры установки гарантируют эффективную гравитационную сепарацию и препятствуют выносу жидких частиц вместе с газовым потоком. Оптимальные размеры сепаратора обеспечивают эффективную сепарацию газа и нефти под действием гравитации и предотвращают унос капель жидкости газовым потоком.

В дальнейшем приведем несколько примеров существующих конструкций циклонных сепараторов и выявим их предположительные недостатки.

В патенте № 220182 предлагается решение задачи по повышению эффективности экологического показателя за счет очистки газа от твердых частиц пыли с применением группового циклона (рисунок 1) [1].

Разработанная установка предназначена для эффективной очистки газоздушных сред от различных загрязнений. Сфера применения оборудования охватывает множество промышленных отраслей – от нефтехимического производства до металлургического комплекса [1].

Основу конструкции составляет групповой циклонный аппарат, который включает несколько ключевых узлов. В его состав входит подводящий коллектор для подачи загрязнённого газа, специальная камера для очищенного воздуха со встроенным газоходом, а также общий бункер для сбора отделённой пыли [1].

Центральным элементом системы выступают циклонные компоненты, каждый из которых представляет собой вертикальную цилиндрическую обечайку с коническим основанием. Эти элементы оснащены специальными штуцерами: один служит для удаления собранной пыли, другой – для подачи загрязнённого газового потока, причём последний располагается по касательной к корпусу [1].

В верхней части установки располагается коллекторный механизм, выполненный в форме цилиндра с постепенным уменьшением диаметра по высоте. Особенность конструкции заключается в тангенциальном подводе газов. Каждая ступень коллектора оборудована специальными патрубками, через которые часть газа направляется в циклонный блок.

Система фильтрации реализована посредством установки фильтров внутри каждой выхлопной трубы, которые эффективно улавливают пылевые частицы. Дополнительно в зоне выброса общей камеры газохода смонтирован съёмный фильтрующий элемент, обеспечивающий финальную очистку от мельчайших пылевых частиц.

Такое техническое решение позволяет достичь высокой степени очистки газового потока от различных видов загрязнений при сохранении оптимальной производительности установки.

К недостаткам также можно отнести объёмную и металлоёмкую конструкцию аппарата, что приводит к большим затратам на изготовление и монтаж.

Также ещё одним недостатком возможен завышенный заявленный результат эффективности очистки газа в данной конструкции.

В патенте № 2272157 предлагается решение задачи по эффективности очистки газа от твердых частиц (рисунок 2) [2].

Разработанное техническое решение представляет собой специализированный аппарат со сложной внутренней структурой. Его основу составляет прочный корпус, оснащённый торцевой крышкой, а также входным и выходным патрубками для обеспечения движения рабочей среды [2].

Ключевым компонентом выступает реактор, который разделён на отдельные функциональные зоны с помощью специальных перегородок. Внутри реактора размещены особые металлокерамические блоки двух типов – окислительные и восстановительные, каждый из которых оснащён каталитическими элементами [2].



Система очистки реализована через интегрированный мультициклонный механизм. Конструктивная особенность этой части заключается в том, что нижние секции циклонов выполнены в форме конических элементов, снабжённых специальными отверстиями. Эти отверстия направлены в особую полость, предназначенную для сбора твёрдых частиц [2].

Организация блоков в системе продумана следующим образом: часть металлокерамических каталитических блоков соединена с полостями отдельных циклонов мультициклона и защищена специальными перегородками со стороны выходного патрубка. Оставшаяся часть блоков находится за глухой перегородкой у входного патрубка, где также размещены отдельные циклоны. При этом блоки взаимодействуют с полостями через специальные отверстия в перегородке со стороны выходного патрубка.

Такое техническое решение обеспечивает комплексную очистку газов и создаёт оптимальные условия для эффективного взаимодействия всех элементов системы в процессе работы аппарата.

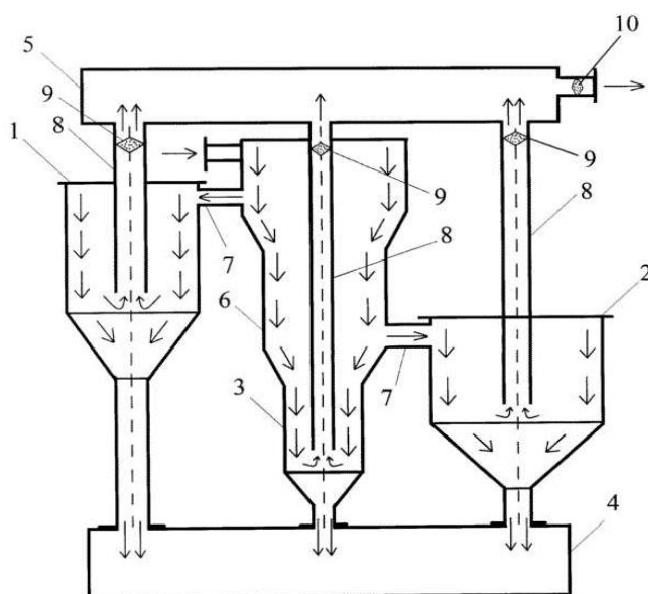


Рисунок 1. Многоступенчатый циклонный сепаратор патент № 220182

Недостатком такой модели может стать дороговизна производства, а также сложность при монтаже и обслуживании.

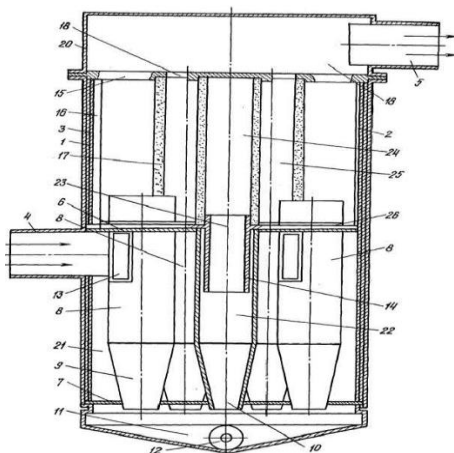


Рисунок 2. Мультициклонный нейтрализатор газов патент № 2272157



Известен циклонный сепаратор (журнале *Advanced Powder Technology*, том 33, выпуск 11), состоящий из патрубков входа загрязненного газа и выхода очищенного газа, газораспределяющее устройство, а также содержащий циклонный элемент с лопастями (рисунок 3) [3].

К недостаткам можно отнести недостаточную высокую степень очистки из-за высокого угла лопастей.

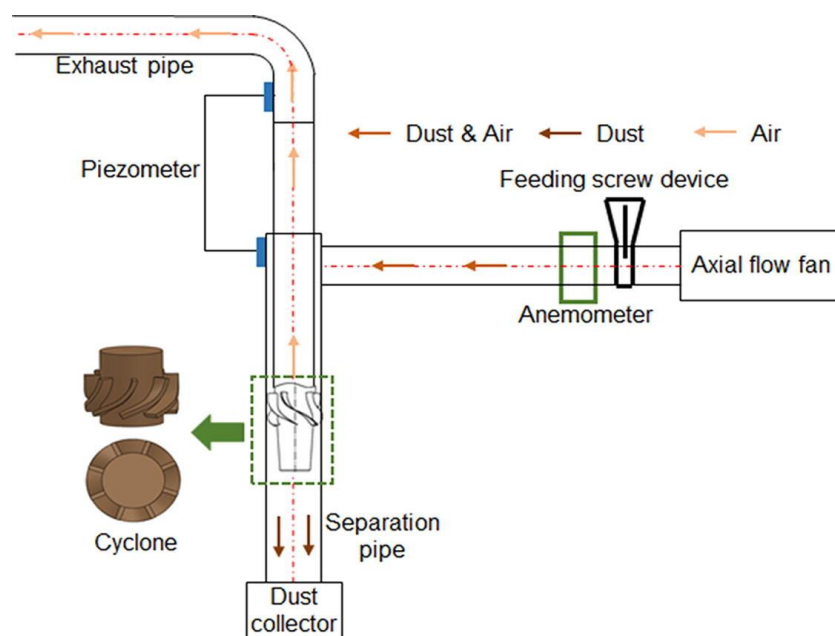


Рисунок 3. Циклонный сепаратор

Исходя из обзора различных конструкций сепараторов и циклонов можно сделать вывод о том, что простые конструкции циклонных сепараторов имеют низкую степень очистки (>5 мкм). Также были перечислены некоторые спроектированные конструкции сепараторов, чья степень очистки была <5 мкм, но они имели сложную конструкцию, что также является серьезным недостатком. Помимо выше перечисленного можно сделать вывод о том, что некоторые конструктивные элементы могут повлиять на степень очистки, например выше был приведен пример циклонного сепаратора с лопастями, угол лопастей составляет больше $27-30^\circ$, такой показатель может плохо отразиться на эффективности очистки.

В качестве решения предлагается конструкция циклонного сепаратора, где сепарирующим устройством будет являться циклонный элемент с лопастями (Рисунок 4).

Указанный технический результат достигается тем, что сепаратор, состоящий из корпуса с штуцерами входа загрязненного газа, выхода очищенного газа и слива жидкости с твердыми частицами, и расположенные в корпусе газораспределительные устройства, в качестве сепарирующих устройств установлены циклонные элементы, в которых смонтированы лопасти под углом 30° , лопасти расположены в два ряда.

Устройство содержит цилиндрический корпус 1, верхнюю крышку 2, патрубок для ввода неочищенного газа 3, патрубок для вывода очищенного газа 4, патрубок для ввода смывающей жидкости 5, патрубок для вывода конденсата и твердых частиц 6. Газораспределительное устройство состоит из внешних циклонных 7 и внутренних циклонных элементов 8, во внутренних циклонных элементах установлены два ряда лопастей 9.

Неочищенный газ поступает в штуцер входа 3 и подается в газораспределительное устройство, в котором происходит отделение капельной жидкости и твердых частиц от



газового потока. Циклонный сепаратор разделяет газ от конденсата и твердых частиц с помощью циклонов 7. Разделение смеси происходит из-за завихрения, вызванное за счет лопастей 9. После процесса разделения очищенный газ поступает в пространство внутреннего циклонного элемента 8, а затем в штуцер для вывода очищенного газа 4. Отделившийся конденсат и твердые частицы отводятся специальным патрубком вывода шлама 6, во избежание налипания твердых частиц к стенкам обечайки 1, предусмотрен патрубок ввода воды 5, он необходим для смыва твердых частиц и конденсата.

Таким образом, представленная модель сепаратора позволит обеспечить высокую эффективность очистки газа от твердых и жидких примесей, за счет циклонных элементов.

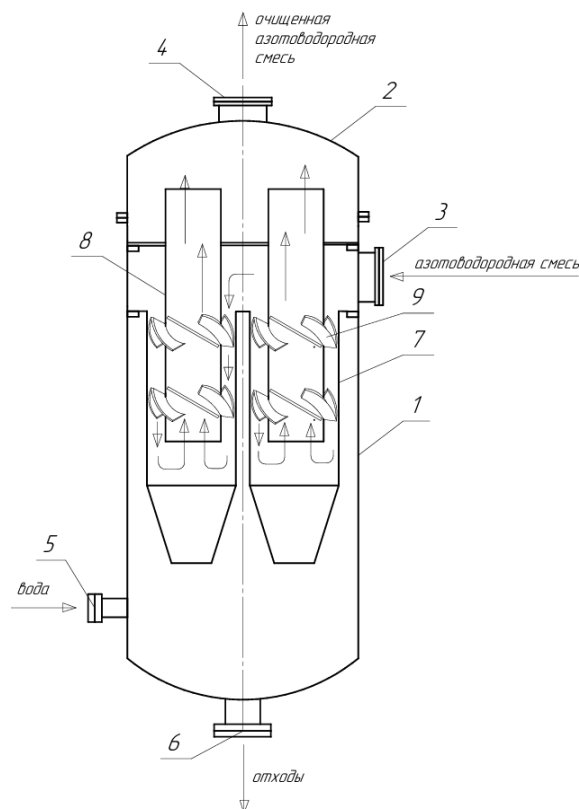


Рисунок 4. Эскиз сепаратора с циклонными элементами.

Список литературы:

1. Патент № 220182 Групповой циклон для очистки газов / Катин В.Д., Журавлев А.А. // ФГБОУ ВО ДВГУПС – 2023.
2. Патент № 2272157 Мультициклонный нейтрализатор газов / Новоселов А.Л., Стороженко А.В., Мельберт А.А., Жуйкова А.А. // ГОУ ВПО АГТУ им. И.И. Ползунова – 2006.
3. Gas-solid separation performance and structure optimization in 3D printed guide vane cyclone separator / Chuanjun Han, Yang Hu // Advanced Powder Technology – 2022.

