

УДК 66.021.3

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-3-286-58-60

*А. Б. Голованчиков, О. А. Залипаева, С. Г. Поступаева, А. Д. Кривко***ИНЕРЦИОННЫЙ РЕЗОНАНСНЫЙ СЕПАРАТОР  
С САМОРЕГУЛИРОВАНИЕМ ПЕНОГАШЕНИЯ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: zalipaevaolga@yandex.ru

Рассматривается процесс сепарации дисперсной фазы в инерционном сепараторе. Предлагается усовершенствованная конструкция резонансного сепаратора, конструктивные особенности которого обеспечивают регулирование процесса пенообразования. Приводится формула для подбора оптимальной упругости цилиндрической пружины, позволяющая генерировать колебания пружинного маятника с заданной частотой. Определяется амплитуда колебаний отражателя с отсекающей тарелкой с учетом сопротивления жидкой среды.

*Ключевые слова:* инерционный сепаратор, резонанс, пенообразование, саморегулирование, частота, амплитуда.

*A. B. Golovanchikov, O. A. Zalipaeva, S. G. Postupaeva, A. D. Krivko***INERTIAL RESONANT SEPARATOR  
WITH SELF-REGULATING DEFOAMING****Volgograd State Technical University**

The process of separation of the dispersed phase in the inertial separator is considered. Improved design of resonant separator is proposed, design features of which provide for control of foaming process. The formula for selecting the optimal elasticity of the coil spring is given, which allows generating oscillations of the spring pendulum at a given frequency. The amplitude of vibrations of the reflector with the cutoff plate is determined taking into account the resistance of the liquid medium

*Keywords:* inertial separator, resonance, foaming, self-regulation, frequency, amplitude.

Сепараторы широко используются в химической, нефтехимической, газоперерабатывающей и других отраслях промышленности. Они применяются при промысловой подготовке нефти и газа на нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождениях, а также в процессах переработки нефти, газа и газового конденсата и служат для отделения дисперсной фазы (твердых и капельных включений) из углеводородных смесей.

По основной сепарирующей силе (физическим принципам разделения газожидкостных систем) конструкции сепараторов подразделяются на два класса: гравитационные и инерционные.

В гравитационных сепараторах разделение фаз происходит за счет силы тяжести. Для эффективного улавливания малых капель и частиц из суспензионного газожидкостного потока под действием силы тяжести требуется значительное время. В связи с этим гравитационные сепараторы, как правило, крупногабаритные и имеют несколько сепарационных секций.

Инерционные сепараторы могут быть малогабаритными и использоваться для разделения

малых объемов нефтегазовой смеси [1]. Разделение фаз в таких сепараторах происходит под действием сил инерции при обтекании газожидкостной смесью различных препятствий (дополнительных элементов) или при закручивании потока в съемных центробежных патрубках. Дополнительные элементы могут быть выполнены жалюзийными, сетчатыми, уголковыми, в виде колец Рашига или входных перегородок, а центробежные патрубки – в виде циклонов различной конструкции.

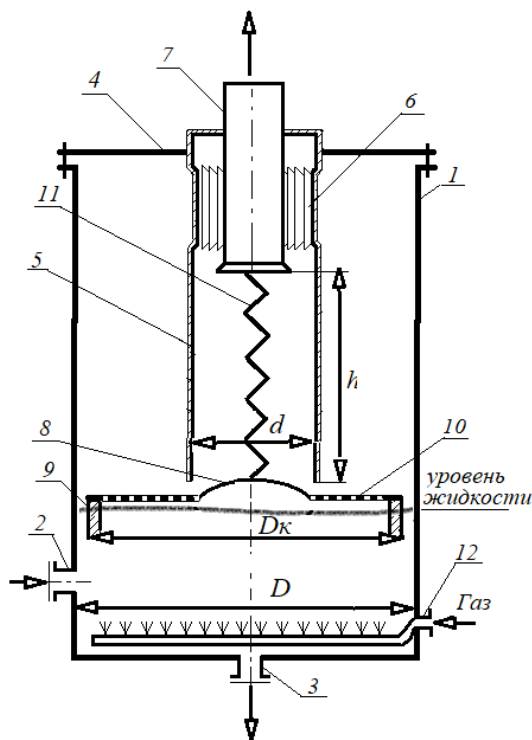
Одним из основных недостатков процесса сепарирования нефтегазовой смеси в инерционных массообменных аппаратах является пенообразование и унос капель жидкой фазы. Для нивелирования этих процессов увеличивают размеры сепараторов и, соответственно, число ступеней сепарации, что требует дополнительных капитальных затрат.

Для борьбы с пенообразованием широко применяют антипенные присадки, которые не должны растворяться в нефтегазовой смеси, а лишь диспергироваться в ней. Нефтегазовые смеси имеют самый разнообразный состав, изменяющийся не только от месторождения к ме-

сторождению, но и от температурных и временных характеристик. Поэтому подбор присадок должен проводиться с учетом физико-химических и геометрических параметров процесса сепарации.

Целью работы является разработка конструкции инерционного резонансного сепаратора с подавлением пенообразования и нивелированием уноса капель жидкой фазы.

Предлагается усовершенствованная конструкция инерционного сепаратора, в котором присоединенные на пружине отражатель с отсекающей тарелкой вибрируют с оптимальной амплитудой, достаточной для автоматического подавления излишнего пенообразования при работе аппарата [2, 3].



Инерционный сепаратор

Инерционный сепаратор состоит из цилиндрического корпуса 1 с патрубками подвода 2 и отвода 3 жидкости, съемной крышки 4. На крышке закреплено центробежное устройство, содержащее вертикальный корпус 5, тангенциальное устройство для подачи очищаемого газового потока 6, центральную газоотводящую трубу 7, отражатель 8 массой  $m$ , выполненный в виде шарового сегмента. Край шарового сегмента отражателя 8 соединены с отсекающей тарелкой массой  $M$ , выполненной в виде кольца 9 с положительной плавучестью и с прикрепленной к его верхней части сеткой 10. К цен-

тральной газоотводящей трубе 7 прикреплена верхняя часть пружины 11, на которой подвешены отражатель 8 и отсекающая тарелка. В нижней части аппарата установлен барботер 12 в виде цилиндрической трубки с отверстиями.

В аппарат 1 по патрубку 2 заливают жидкость. По патрубку барботера 12 подают газовый поток, барботируя им заливную в аппарат 1 жидкость. Пузырьки газового потока поднимаются вверх, проходят сквозь отверстия в сетке 10, и, поднимаясь выше, проходят через щели тангенциального устройства 6, в котором, за счет резкого изменения скорости по величине и направлению, разделяются на капельки жидкости, частицы дисперсной фазы и очищенный газовый поток. Отделенные при прохождении через тангенциальное устройство 6 от газового потока капли и частицы отбрасываются центробежной силой к внутренней стенке корпуса 5 центробежного устройства и оседают на поверхность сферического сегмента отражателя 8, а затем с его поверхности на сетку 10. Внутри вертикального корпуса 5 высотой  $h$  газовый поток закручивается вместе с содержащимися в нем капельками жидкости и частицами дисперсной фазы. Очищенный газовый поток выходит наружу через газоотводящую трубу 7. После окончания работы жидкость удаляется из аппарата по патрубку 3 и подача газового потока в барботер 12 прекращается. Колебания отражателя 8 и кольца 9 с сеткой 10 с оптимальной амплитудой подавляют образование пены и унос капель жидкости с ее поверхности при барботаже газового потока сквозь ячейки сетки 10.

Деформация цилиндрической пружины 11 перед подачей исходных сред в аппарат 1 определяется по формуле:

$$A = \frac{g(M + m)}{K}, \quad (1)$$

где  $K$  – упругость витков цилиндрической пружины, Н/м.

При подаче исходных сред в аппарат 1 в вертикальном корпусе 5 центробежного устройства возникают вынужденные колебания звуковой волны, частота которых определяется в виде

$$\nu = \frac{c}{2h}, \quad (2)$$

где  $c$  – скорость звука в очищаемом газовом потоке, м/с.

Для генерирования колебаний подвешенного на пружине отражателя 8 с отсекающей тарелкой подбирается упругость цилиндрической пружины 11, соответствующая уравнению ра-

венства частоты вынужденных колебаний  $\nu$  звуковой волны и собственной частоты колебаний пружины  $\nu_m$  с отражателем 8 и отсекающей тарелкой [2]

$$K = (M + m) \left( \frac{\pi c}{h} \right)^2 \quad (3)$$

При погружении кольца 9 отсекающей тарелки в исходную жидкость амплитуда колебаний 40 отражателя 8 с отсекающей тарелкой будет зависеть не только от массы пружинного маятника (отражателя 8 с отсекающей тарелкой) и упругости цилиндрической пружины 11, но и от геометрических размеров погружаемого кольца 9 и физико-химических свойств жидкости [3]

$$\frac{A_0}{A} = \frac{\nu_m (D_k - D)(M - m)}{\mu D_k h_n}, \quad (4)$$

где  $h_n$  – глубина погружения кольца 9 в жидкость, м;  $\mu$  – динамическая вязкость жидкости, Па·с;  $\nu_m$  – собственные колебания пружинного маятника, близкие частоте вынужденных колебаний  $\nu$ , создаваемыми газовым потоком в вертикальном корпусе 5 и определяемые из уравнения [4, 5].

$$\nu_m = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M + m}}. \quad (5)$$

По сути, предлагаемая конструкция инерционного сепаратора обладает эффектом саморегулирования при гашении образующейся пены. Так, при увеличении в аппарате пенообразования уменьшается вязкость среды и глубина погружения кольца 9, что приводит к увеличе-

нию амплитуды собственных колебаний пружинного маятника (формула 4) и интенсивному подавлению образовавшейся пены, предотвращается нежелательный унос капель жидкости. При небольшом пенообразовании амплитуда колебаний пружинного маятника снижается, пружинный маятник работает в режиме, близком к статическому.

Предлагаемая конструкция инерционного сепаратора работает в режиме саморегулирования при гашении нежелательного пенообразования без дополнительных сепарационных секций и ввода антипенных присадок, что обеспечивает оптимальный режим работы аппарата.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тронов, В. П. Сепарация газа и сокращение потерь нефти / В. П. Тронов. – Казань : «Фэн», 2002. – 408 с.
2. П. м. 208946 Российская Федерация, МПК В01Д 45/02, В01Д 45/12 Массообменный аппарат / А. Б. Голованчиков, О. А. Залипаева, Е. В. Шишкин, Н. А. Меренцов, Н. А. Прохоренко, П. П. Залипаев ; ФГБОУ ВО ВолгГТУ. – 2022.
3. Расчеты амплитуды колебаний в резонансных и околорезонансных процессах вибрирующего центробежного сепаратора / А. Б. Голованчиков, О. А. Залипаева, Н. А. Меренцов, Ю. Н. Раева // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 453–462.
4. Элементарный учебник физики. Т. 3 / под ред. Г. С. Лансберга. – Изд. 10-е, перераб. – М. : Наука, 1986. – 656 с.
5. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф, А. К. Лебедев. – 8-е изд., перераб. и испр. – М. : ООО «Издательство Оникс : ООО «Издательство «Мир и Образование», 2006. – 1056 с.