

УДК 621.43: 631.37

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ (ПРИМЕНЕНИЕ) ГИДРОЦИКЛОНА ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

Чернов Р.М., магистрант,

тел. 89173963716, vipttk@mail.ru

Шарафутдинов Р.Р., магистрант, тел. 89631234601,

gamilsharaf9@gmail.com

Салахутдинов И.Р., кандидат технических наук, доцент,

тел. 8(8422)-55-95-13, ilmas.73@mail.ru

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Глушенко А.А., кандидат технических наук, доцент,

тел. 89374564933, oiddel@yandex.ru

ФГБОУ ВО Ульяновский государственный университет

Салахутдинова З.И., курсант,

тел. 89378731990, zarrina.7300@mail.ru

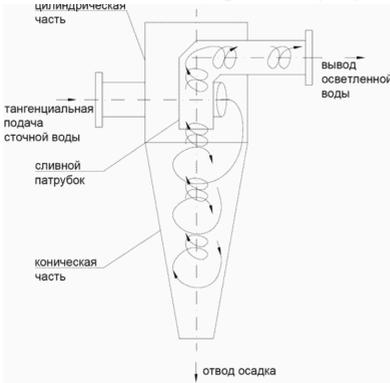
ФГКОУ ВО Волгоградская академия МВД России

***Ключевые слова:** гидроциклон, степень очистки, нулевой вертикальной скорости, осевая скорость, поверхность*

Отработанные масла рекомендуется очищать с использованием гидроциклона. Рассчитана скорость частиц в потоке и определено влияние основных параметров гидроциклона на степень очистки масел. Произведен расчет поверхности нулевых скоростей, являющейся зоной граничного зерна и определяющей степень очистки. Были проведены испытания для обеспечения наилучшего уровня очистки и определены параметры гидроциклона.

Введение. Центробежная сила используется в центрифугах и гидроциклонах для разделения суспензий и эмульсий на отдельные компоненты. В центрифуге центробежная сила возникает за счет вращения корпуса. У гидроциклона происходит вращение содержимого в неподвижном корпусе. Структурно гидроциклон (рис. 1) намного проще, чем центрифуга, потому что он не имеет движущихся частей, но

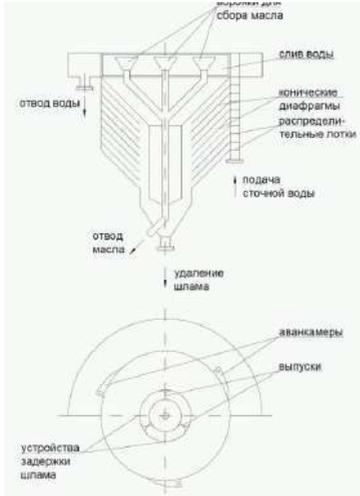
качественные характеристики разделения суспензии на легкую (фугат) и тяжелую (осадок) фазы он уступает центрифугам [1].



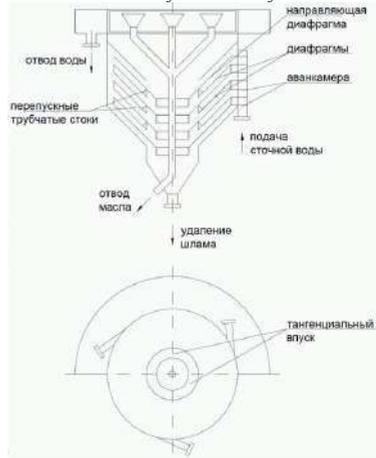
Напорный гидроциклон



Гидроциклонов для разделения нестойких эмульсий и суспензий



Многоярусный гидроциклон с напорными патрубками



Многоярусный гидроциклон с периферийным отбором очищенной жидкости

Рисунок 1 – Конструкции гидроциклонов

Принцип действия гидроциклона основывается на высокой скорости суспензии, подаваемой в аппарат тангенциально. В результате движения спирального потока, приобретающего криволинейный характер, в корпусе возникает поле центробежных сил, и суспензия разделяется на легкую и тяжелую части, которые удаляются

отдельными каналами гидроциклона. Эффективность устройства оценивается по значению коэффициента материального баланса. При высокой плотности (тягучести) исходной суспензии применять гидроциклирование нецелесообразно, так как происходит быстрая закупорка отводящих штуцеров [1].

Материалы и методы исследования. Наиболее простой и эффективной является очистка масла в гидроциклоне, под действием центробежных сил из потока очищаемого масла отделяются твердые частицы.

Гидроциклон (рисунок 2) представляет собой устройство, имеющее цилиндрическую часть (1) и коническую часть (7) с широким основанием внизу и промежуточной сливной камерой (3) с дренажной трубкой. Между цилиндрической частью и сливной камерой размещена диафрагма (6), а к нижней части конуса прикреплены сменные насадки (8) [2].

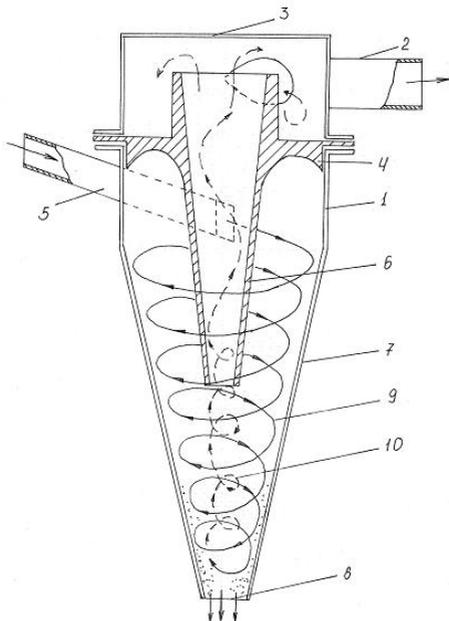


Рисунок 2 - Схема гидроциклона

В любом месте гидроциклона на скорость движения жидкости и загрязненных частиц могут влиять следующие три фактора [3].

v_t - тангенциальная скорость, направленная перпендикулярно к радиусу вращения в данной точке горизонтальной плоскости;

v_r - радиальная скорость направлена к его оси по радиус гидроциклона;

v_ϑ - осевая или вертикальная скорость, направленная под прямым углом к v_t и v_r вдоль оси гидроциклона.

Движение частицы зависит от радиальной скорости, то есть от центробежной и радиальной сил, поэтому необходимо определить точку пересечения линии R, радиус выбранного тороидального участка, на который действует центробежная сила. Если значение скорости отрицательное, то частица в вихревом потоке отбрасывается к стенке гидроциклона и удаляется через нижнее песковое отверстие; если положительное – будет подхвачена внутренним вихревым потоком и вынесена через верхнее выходное отверстие. Координата, соответствующая точке перехода от отрицательного значения скорости к положительному, будет координатой поверхности нулевого вращения в горизонтальном сечении гидроциклона (или заданной) (рис. 3) и таким образом будет являться зоной отделения граничного зерна, то есть определять степень очистки продукта от примесей [4].

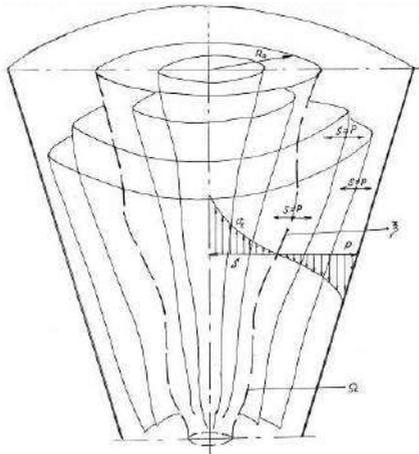


Рисунок 3 - Схема поверхностей частиц в потоке гидроциклона

Если определить уравнение поверхности нулевой вертикальной скорости, можно произвести более точный расчет размеров гидроцикла при определенном степени очистки. Расчет основан на изменении скорости частиц в потоке гидроциклонов. [5,6]:

$$V_Z = \frac{\Gamma}{4\pi \times \cos \frac{\alpha_1}{2}} \int_0^{H+H_1} \int_0^{2\pi} \frac{\left[\left(Ro - h \times tg \frac{\alpha_1}{2} \right) - \left(Ro - h \times tg \frac{\alpha_1}{2} \right) R \times \cos \beta \right] dh \times d\beta}{\left[(h-z)^2 + \left(Ro - h \times tg \frac{\alpha_1}{2} \right)^2 + R^2 - 2R \times \cos \beta \left(Ro - h \times tg \frac{\alpha_1}{2} \right) \right]^{\frac{3}{2}}}, \quad (1)$$

где $\Gamma = \text{const}$ – циркуляция скорости на единицу высоты тороида; $\Gamma = 2\pi r V_t$;

$$V_T = C r_0 \int_0^{H+H_1} \int_0^{2\pi} \frac{d\beta (R - r_0 \cos \beta) dh}{\left[(h-z)^2 + r_0^2 + R^2 - 2r_0 \cos \beta \left(r_0^2 + R^2 - 2R_0 \cos \beta \right) \right]}, \quad (2)$$

где V_t – тангенциальная скорость, м/с; h – расстояние рассматриваемого кольцевого сечения от начала вихревого слоя (т.е. от верхнего слоя цилиндрической части гидроциклона), м; r_0 – внешний диаметр рассматриваемого кольцевого сечения, м; dh – высота рассматриваемого кольца, м; R и z – координаты точки, где рассчитывается скорость; R_0 – радиус поверхности нулевой скорости на границе цилиндрической и конической частей, м.

$$R_0 = \frac{r_0}{r_c + r_n} \times \left(R_r + H \times tg \frac{\alpha}{2} \right), \quad (3)$$

где R – радиус гидроциклона, м; R_0 – радиус воздушного столба ($r_0 = 0,606r_c$), м; r_c – радиус дренажной трубы, м; r_n – радиус пескового отверстия, м; α – угол конуса гидроциклона, градусы; H – высота конуса, м; $H+H_1$ – высота воздушного столба, м.

$$tg \frac{\alpha_1}{2} = \frac{r_0}{r_c + r_n} \times tg \frac{\alpha}{2}, \quad (4)$$

Таким образом осевая скорость частицы будет определяться

$$V_t = \frac{2\pi \times r \times C \times r_0}{4\pi \times \cos \frac{\alpha_1}{2}} \times \int_0^{H+H_1} \int_0^{2\pi} \frac{d\beta \times (R - r_0 \times \cos \beta) \times dh}{\left[(h-z)^2 + r_0^2 + R^2 - 2r_0 \times \cos \beta \right] \times (r_0 + R^2 - 2R_0 \times \cos \beta)}$$

$$\times \int_0^{H+H_1} \int_0^{2\pi} \frac{\left[(R_0 - h \times t g \frac{\alpha_1}{2})^2 - (R_0 - h \times t g \frac{\alpha_1}{2}) \times R \times \cos \beta \right] \times dh \times d\beta}{\left[(h-z)^2 + (R_0 - h \times t g \frac{\alpha_1}{2})^2 + R^2 - 2R \times \cos \beta \times (R_0 - h \times t g \frac{\alpha_1}{2}) \right]^{\frac{3}{2}}} \quad (5)$$

На основе расчетов по определению координат изменения положения частицы в потоке гидроциклона получаем расчет осевой скорости частицы в потоке.

$$V_z = Y = (-244,524 - 30) - 19769,382 \times r - 138,852 \times z + 31610,804 \times C + 1373,869 \times R + 227914,938 \times r^2 - 17399,748 \times z^2 - 158262,452 \times C^2 - 88475,754 \times R^2, \quad (6)$$

После внесения изменений получаем нулевой радиус поверхности:

$$R = 0,0385 - 0,833 \times r - 0,0072 \times z - 0,347 \times C, \quad (7)$$

По расчетам был изготовлен гидроциклон (рис. 4). Испытания гидроциклона предполагает определение основных геометрических параметров и влияние на степень очистки отработанного масла [7,8].



Рисунок 4 - Сменные насадки диафрагмы гидроциклона

Результаты и их обсуждение. На основании исследования подтверждено, что наилучший уровень очистки масла достигается при давлении масла на входе 0,04 МПа, содержание нерастворимых примесей снижается с 0,1589 до 0,0911 мл (рисунок 5). глубина погружения диафрагмы в поток масла составляла 66,8 мм.

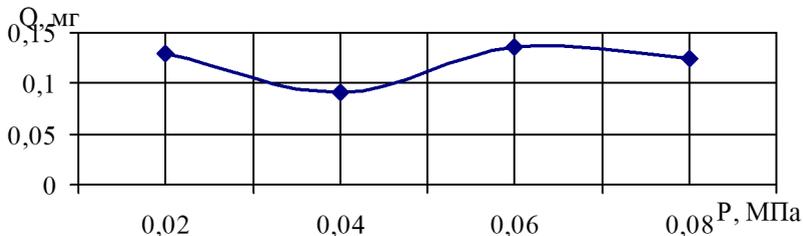


Рисунок 5 - График зависимости степени очистки от давления входного потока

При увеличении глубины погружения диафрагмы до 86,8 мм степень очистки улучшалась и снижалась до 0,0876 мг при давлении 0,02 МПа (рис. 6), а при более высоком давлении степень очистки ухудшалась.

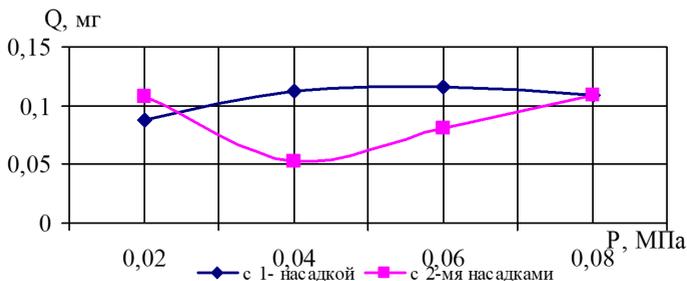


Рисунок 6 - Зависимость степени очистки от глубины погружения диафрагмы в поток масла

При увеличении глубины погружения до 96,8 мм (с двумя насадками) степень очистки при давлении 0,04 МПа составляет 0,0523 мг и 0,1589 мг в очищенном масле. Для малых и больших значений результаты хуже: 0,1074 и 0,1094 мг.

Так, гидроциклон, изготовленный по стандартным расчетам, дает лучшую степень очистки при давлении 0,04 МПа, глубина погружения сепарационной диафрагмы в поток масла составляет 96,8 мм и диаметр раструба песочной насадки 20 мм. Такой уровень уточнения определяется изменением этих геометрических параметров и позволяет

сделать вывод о необходимости дальнейших исследований при изменении этих параметров.

Выводы. 1. Оптимальный уровень очистки определяется давлением масла на входе в гидроциклон и глубиной залегания диафрагмы в поток масла для его разделения.

2. Лучшая степень очистки масла происходит при давлении 0,04 МПа, при этом содержание нерастворимых примесей снижается с 0,1589 до 0,0183 мл, при глубине диафрагмы 136,8 мм в потоке масла.

Библиографический список:

1. ИНТЕХ ГмбХ <https://oil-filters.ru/hydrocyclones/>
2. Глущенко, А.А. Разработка технологии и технического средства для восстановления эксплуатационных свойств отработанного моторного масла. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – Ульяновск, 2009, - 7с.
3. Зазуля, А.Н. Теоретическое обоснование влияния геометрических параметров цилиндрико-конического гидроциклона на степень очистки отработанных смазочных масел от нерастворимых примесей / А.Н. Зазуля, А.А. Глущенко, Д.Е. Молочников [и др.] // Наука в центральной России – 2019. – №2 (38). – С. 116-123.
4. Глущенко, А.А. К вопросу очистки отработанных масел от нерастворимых примесей в гидроциклоне / А.А. Глущенко, Д.Е. Молочников, С.А. Яковлев [и др.] // Вестник Казанского ГАУ – 2018 - № 3 (50) С. 81-84.
5. Замальдинов, М. М. Загрязнение минерального масла и влияние типа очистителя на износ двигателя / М. М. Замальдинов, И. Р. Салахутдинов, Р. Т. Хакимов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 57. – С. 141-148. – DOI 10.24411/2078-1318-2019-14141. – EDN GNTSIS.
6. Хусаинов А.Ш. Оптимизация выбора технологий регенерации отработанных смазочных масел / А.Ш. Хусаинов, А.А. Глущенко, И.Р. Салахутдинов, [и др.] // Автоматизация процессов управления, № 3 (57). - Ульяновск, 2019. – С. 118 - 126
7. Глущенко А.А. Результаты испытаний гидроциклона для очистки масел // Известия СПб ГАУ / - СПб, 2008. - № 12. – С. 254-258.

8. Глущенко А.А., Обоснование параметров гидроциклона для очистки отработанных масел // Вестник МГАУ / Агроинженерия. 2009.- №3, С. 82-85.

USE (APPLICATION) OF HYDROCYCLONE FOR USED OILS CLEANING

**Chernov R.M., Sharafutdinov R.R., Salakhutdinov I.R., Glushchenko
A.A., Salakhutdinova Z.I.**

Keywords: *hydrocyclone, degree of purification, zero vertical speed, axial speed, surface*

Purification of used oils using a hydrocyclone has been proposed. The particle velocity in the flow was calculated, and the influence of the main parameters of the hydrocyclone on the degree of oil purification was determined. A calculation was made of the zero-velocity surface, which is the grain boundary zone and determines the degree of purification. Tests were carried out and the parameters of the hydrocyclone were determined, giving the best degree of purification.