

УДК 621.438

**ОЧИСТКА СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

*Кузнецов А.В., студент 3 курса инженерного факультета  
Научный руководитель – Голубев В.А., кандидат технических  
наук, доцент  
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А.Столыпина»*

**Ключевые слова:** *дизельное топливо, гидроциклон, очистка, механические примеси, центробежная очистка.*

*Работа посвящена очистке дизельного топлива в гидроциклоне использование силового магнитного поля для безотказной работы топливной аппаратуры дизельных двигателей.*

Комбинированные способы очистки нефтепродуктов от загрязнений основаны на одновременном воздействии на них двух, или нескольких силовых полей или на сочетании действия силового поля с фильтрованием нефтепродуктов через пористую перегородку.

Наибольшее распространение среди комбинированных средств очистки получили устройства, сочетающие действие силового поля с фильтрованием. К ним относятся фильтрующие центрифуги, магнитные фильтры, вибрационные (акустические) фильтры, устройства, основанные на взаимодействии электрических полей, которыми обладают частицы загрязнений, и внешних электрополей [1-15].

Развитие теории центробежного (гидроциклонного) способа очистки жидкостей от механических примесей и воды шло по нескольким взаимосвязанным направлениям. Первое направление представлено теоретическими и экспериментальными исследованиями по выявлению физической сущности движения жидкости и нерастворимых в ней частиц загрязнений. К ним относятся работы А.И. Поварова, Б.М. Гутмана, М.Г. Аكوпова и др. [1-6].

Известно, что в гидроциклоне имеют место три основных траектории движения твердых частиц и жидкости: пристенная, по которой движутся вниз наиболее тяжелые частицы; пространственная, по которой движутся наиболее легкие частицы и жидкость; внутренняя, по которой вращается центральная часть столба жидкости.

Сначала легкие частицы удаляются от стенок, вращаясь все быстрее с меньшим радиусом до тех пор, пока их вертикальная скорость не станет

равной нулю. Затем они с потоком жидкости выносятся через сливной патрубок.

Более крупные частицы сосредотачиваются возле стенок гидроциклона, где центробежная сила сравнительно мала. То же самое будет происходить с частицами различной плотности – более тяжелые будут располагаться по периферии, а более легкие - ближе к центру [3, 7-9].

Кроме того, под действием силы тяжести и осевой составляющей скорости потока частицы загрязнений движутся еще и в вертикальном направлении.

Рассматривая движение частицы внутри гидроциклона, силой тяжести можно пренебречь, так как центробежная сила многократно превосходит ее. Поэтому центробежная сила, действующая на частицу, и противоположная ей по направлению сила сопротивления среды будут определяющими при изучении сил, действующих на частицу загрязнения. Для удобства расчетов принимается то, что частица имеет шарообразную форму. Тогда центробежная сила будет равна [3]:

$$G = \frac{\pi d^3 (\gamma - \gamma_1) v_t^2}{r}, \quad (1.1)$$

где  $G$  – центробежная сила на радиусе вращения, Н;

$v_t$  – тангенциальная скорость на том же радиусе, м/с;

$d$  – диаметр частицы загрязнения, м;

$\gamma$  – плотность частицы, кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_1$  – плотность жидкой среды, кг/м<sup>3</sup>;

$r$  – радиус траектории частицы, м.

Сопротивление среды складывается из динамического сопротивления ( $P_g$ ) и вязкостного сопротивления ( $S$ ). Динамическое сопротивление среды выражается согласно закона Ньютона:

$$P_g = \frac{\pi d^2 \gamma_1 v_t^2}{12}. \quad (1.2)$$

Сопротивление, вызванное вязкостью жидкости, может быть найдено по формуле Стокса:

$$S = 3\pi d v_t \mu, \quad (1.3)$$

где  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости среды, м<sup>2</sup>/с;

$v_r$  – радиальная скорость, м/с.

Хотя, оба сопротивления действуют одновременно, величины их различны и находятся в зависимости от скоростей движения среды и размеров частиц загрязнения. Если для какого-то размера частиц будет соблюдаться условие [3, 7-9]

$$G = P_g + S, \quad (1.4)$$

то они будут находиться в равновесии.

Равновесное состояние твердой частицы можно выразить следующим образом

$$\frac{\pi d^3 (\gamma - \gamma_1) v_t^2}{gr} = \frac{\pi d^2 \gamma_1 v_t^2}{12} + 3 \cdot \pi d v_t \mu, \quad (1.5)$$

или

$$\frac{d^2 (\gamma - \gamma_1) v_t^2}{6gr} = \frac{d \gamma_1 v_t^2}{12} + 3 \mu v_t. \quad (1.6)$$

Критерий  $R_e$  для обтекания частицы будет равен:

$$R_e = \frac{3dQ_t g \frac{\lambda}{2}}{\pi D d_c \nu}, \quad (1.7)$$

где  $Q$  – производительность гидроциклона, м<sup>3</sup>/с;

$D$  – диаметр гидроциклона, м;

$\lambda$  – угол конусности, град;

$d_c$  – диаметр сливного отверстия, м;

$\nu$  – коэффициент кинематической вязкости среды, м<sup>2</sup>/с.

Например, в условиях исследований, проведенных М.Г. Акоповым и В. Классеном, величина  $3\mu v_t$  оказалось незначительной по сравнению

с величиной  $\frac{\pi d^2 \gamma_1 v_t^2}{12}$ . Пренебрегая ею, и решая уравнение (1.6) относи-

тельно  $\gamma$  и  $d$ , они получили формулы для приближенного расчета плотности и крупности разделения:

$$\gamma = \frac{\gamma_1(grv_i^2 + 2dv_r^2)}{2dv_i^2}, \quad (1.8)$$

$$d = \frac{\gamma_1rv_r^2g}{2(\gamma - \gamma_1)v_i^2}. \quad (1.9)$$

Если процесс разделения протекает в рамках закона Стокса ( $Re < 1$ ), приближенную величину плотности и крупности разделения можно найти, учитывая, что

$$\mu = \nu\rho_1 = \nu\frac{\gamma_1}{g}, \quad (1.10)$$

где  $\rho_1$  – плотность среды, г/см<sup>3</sup>.

Тогда имеем

$$\gamma = \frac{\gamma_1(d^2v_i^2 - 18rv_r^2)}{d^2v_i^2}. \quad (1.11)$$

Производительность характеризуют следующие параметры [3, 7-9]:

- перепад между давлением на входе  $P_{ax}$  в гидроциклон и давлением на сливном патрубке  $P_{cr}$ ;
- диаметр гидроциклона;
- диаметр питающего отверстия (в том случае, когда это отверстие имеет прямоугольное сечение, берется его приведенный диаметр);
- размеры сливного отверстия;
- угол наклона образующей конической части гидроциклона (угол конусности);
- плотность исходного продукта.

В общих случаях зависимость производительности от давления питания выражается формулой

$$Q = kP^n, \quad (1.12)$$

где  $Q$  – общая производительность гидроциклона, л/с;

$P$  – давление питания, Па;

$k$  – коэффициент пропорциональности;

$n_1$  – показатель степени пропорциональности.

Зависимость производительности гидроциклона от плотности жидкости выражается формулой

$$Q = k_1 \gamma_{ж}^{n_2}, \quad (1.13)$$

где  $\gamma_{ж}$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$n_2$  – показатель степени пропорциональности, величина которой принимается обычно 0,5;

$k_1$  – коэффициент пропорциональности.

Следовательно, с увеличением плотности жидкой среды, производительность гидроциклона падает. Вязкость жидкости существенного значения на работу гидроциклона не оказывает.

Производительность гидроциклона, в первую очередь, зависит от его диаметра. С увеличением объема гидроциклона возрастает его пропускная способность.

С увеличением диаметра питающего отверстия производительность гидроциклона также возрастает:

$$Q = k_2 d_n^{n_3}, \quad (1.14)$$

где  $d_n$  – диаметр питающего отверстия, м;

$n_3 = 0,9 - 2,0$  – показатель степени пропорциональности;

$k_2$  – коэффициент пропорциональности.

Общая производительность гидроциклона является функцией ряда параметров

$$Q = f(P, P_{сл}, D, d_n, d_c, d_p, H, h, \alpha, \gamma, \mu, \Pi), \quad (1.15)$$

где  $P$  – давление на входе;

$P_{сл}$  – давление на сливной линии;

$D$  – диаметр гидроциклона;

$d_n$  – диаметр питающего патрубка;

$d_c$  – диаметр сливного патрубка;

$d_p$  – диаметр разгрузочного отверстия;

$H$  – высота гидроциклона;

$h$  – высота конической части;

$\alpha$  – угол конусности гидроциклона;

$\gamma$  - плотность исходной жидкости;

$\mu$  - вязкость исходной жидкости;

$P$  - содержание механических примесей.

Теоретическое исследование вопроса об общем объемном расходе гидроциклона показало, что одновременное влияние многочисленных параметров не позволяет аналитическим путем установить математическую зависимость между ними. Решение возникающих в этом случае дифференциальных уравнений встречает непреодолимые математические трудности.

### **Библиографический список:**

1. Молочников, Д.Е. Динамическая очистка топлива и устройство для ее реализации / Д.Е. Молочников // Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 2006 .-№10.- С. 39-40.

2. Молочников, Д.Е. Результаты исследований устройства для очистки дизельного топлив / Д.Е. Молочников, Л.Г. Татаров // Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 2007.-№2.- С.28.

3. Влияние вращения потока на процесс фильтрации / Д.Е. Молочников, Исаев Ю.М., Илькин С.Н., Кочетков Е.Г. // Современные наукоемкие технологии. - 2005. - № 6. - С. 74-75.

4. Карпенко, М.А. Способ лабораторных испытаний плунжерных пар топливных насосов дизельных двигателей на машине трения / М.А. Карпенко, Д.Е. Молочников // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.- 2004.- № 11.- С. 86-88.

5. Улучшение экологичности аотракторных двигателей / Д.Е. Молочников, Ю.С. Тарасов, Е.С. Цилибин, В.А. Голубев // « Молодежь и наука XXI века». Материалы международной НПК. – Ульяновск: УГСХА, 2010.

6. Патент России 2054572 .Способ обработки дизельного, преимущественно обводненного, топлива, установка для его осуществления и вихревой аппарат / Зеге О.Н. и др. – 1996. – Бюл. № 5.

7. Молочников, Д.Е. Центробежная очистка светлых нефтепродуктов / Д.Е. Молочников, П.Н. Аюгин // « Молодежь и наука XXI века». Материалы международной НПК. – Ульяновск: УГСХА, 2010.

8. Молочников, Д.Е. Результаты влияния центробежного, гравитационного и трибоэлектрического эффектов на степень очистки топлив от механических примесей и воды / Д.Е. Молочников, Тарасов Ю.С. // «Молодежь и наука XXI века». Материалы международной Научно-практической конференции. – Ульяновск: УГСХА, 2010.

9. Молочников, Д.Е. Повышение эффективности доочистки светлых нефтепродуктов в условиях сельскохозяйственных предприятий / Д.Е. Молочников // « Молодежь и наука XXI века». Материалы международной НПК. – Ульяновск: УГСХА, 2010.

10. Браславский, М.И. Перспективные средства очистки топлива / М.И. Браславский, И.А. Иванов // Речной транспорт: экспресс-информация. -М.: ЦБНТИ Минречфлота РСФСР.-1986.-№4.

11. Дизельное топливо «ДИТО» - шаг в третье тысячелетие /Ю.Н. Жарченков, В.В.Тайц.,Л.В.Кривошеева,И.А. Кривошеева [и др.] //Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. -2000. -№ 4. -С. 11-17.

12. Абрамов, А.Е. Теоретическое обоснование электрической очистки дизельного топлива на мобильных энергетических машинах сельскохозяйственного назначения / А.Е. Абрамов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве / Всерос. науч.-исслед. ин-т электрификации сел. хоз-ва. – М., 2010.-Часть 2.-С. 277-283.

13. Тарасов, Ю.С. Фильтр-отстойник / Ю.С. Тарасов, Л.Г. Татаров, М.М. Галкин // « Научное обеспечение агропромышленного производства». Материалы международной научно-практической конференции.- Курск, 2010.- С.79-81.

14. Остриков, В.В. Анализ работоспособности масел в двигателях зарубежной техники / В.В. Остриков, А.Ю. Корнев // Техника и оборудование для села.- 2011.-№6.- С. 34-35.

15. Астапенко, И.М. Применение двухфазовой подачи топлива для дизельных двигателей автотракторной техники / И.М. Астапенко, А.Н. Карташевич // « Ресурсосбережение и экология в сельском хозяйстве». Материалы 6-й междунар. науч. конференции, посвященной 75-летию НАН Беларуси.- Горки, 2004. С.159-160.

### CLEANING LIGHT OIL

*Kuznecov A.V., Golubev V.A.*

**Key words:** *diesel, hydrocyclone, cleaning, mechanical-cal impurities centrifugal cleaning.*

*Work is devoted to cleaning diesel fuel in a hydrocyclone use of force of the magnetic field for uptime diesel engine fuel equipment.*