



УДК 628.3

Адельшин А.Б. – доктор технических наук, профессор

E-mail: a566pm@rambler.ru

Селюгин А.С. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: sa.789@yandex.ru

Бусарев А.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: redner1@rambler.ru

Адельшин А.А. – кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Моделирование гидродинамики потоков в гидроциклонных установках

Аннотация

Для очистки нефтесодержащих сточных вод (НСВ) разработаны установки блок гидроциклон-отстойник (БГО) и гидроциклон – цилиндрические камеры нижнего и верхнего сливов гидроциклона – отстойник (БГКО), в которых реализуются все стадии процесса разрушения нефтяных эмульсий: разрушение «бронирующих» оболочек вокруг капель нефти, столкновение и слияние частиц дисперсной фазы, расслоение эмульсий, увеличение монодисперсности внутренней фазы эмульсий. Обработка эмульсий в поле центробежных сил напорных гидроциклонов интенсифицирует процесс последующего отстаивания и повышает эффективность работы отстойников, входящих в состав блочных гидроциклонных установок.

Для совершенствования блочных гидроциклонных установок необходимо исследование гидродинамики потоков и процессов коалесценции частиц нефти в данных аппаратах.

Разработаны математические модели гидродинамики потоков и процессов коалесценции частиц нефти в напорном гидроциклоне и установках БГО и БГКО. Проведенные экспериментальные исследования показали, что разработанные математические модели адекватно описывают структуру потоков и процесс коалесценции частиц нефти в гидроциклонных установках.

Ключевые слова: нефтесодержащие сточные воды, очистка, гидроциклоны, закрученный поток, сливные камеры, отстойник, гидродинамика, коалесценция, моделирование.

Решение проблемы рационального использования и охраны водных ресурсов связано с созданием и внедрением новых методов и установок очистки вод, интенсификацией и совершенствованием существующих технологий их очистки, разработкой методов расчета, строительства и эксплуатации систем водоотведения.

Исследования, проведенные кафедрой водоснабжения и водоотведения Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ), показали, что для очистки нефтесодержащих сточных вод (НСВ) могут быть успешно применены установки, работающие по технологическим схемам: гидроциклон-отстойник (БГО), гидроциклон – цилиндрические камеры нижнего и верхнего сливов гидроциклона – отстойник (БГКО). В данных установках с достаточно высокой полнотой реализуются все стадии процесса разрушения нефтяных эмульсий: разрушение «бронирующих» оболочек вокруг капель нефти, столкновение и слияние частиц дисперсной фазы, расслоение эмульсий, увеличение монодисперсности внутренней фазы эмульсий. Обработка эмульсий в поле центробежных сил напорных гидроциклонов интенсифицирует процесс последующего отстаивания и повышает эффективность работы отстойников, входящих в состав блочных гидроциклонных установок.

Для совершенствования установок типа БГО необходимо исследование гидродинамики данных аппаратов. Описать гидродинамическую обстановку в них можно, разработав математическую модель структуры потоков.

При обработке НСВ в напорном гидроциклоне в нем образуются три зоны (см. рис. 1 а), отличающиеся структурой потоков, выполняемыми функциями и структурным

состоянием внутренней фазы эмульсии: 1 – пристенная зона; 2 – промежуточная зона со сложным циркуляционным течением; 3 – нефтяное ядро [1, 2].

Для описания процесса коалесценции частиц нефти в гидроциклоне воспользуемся теорией турбулентности Колмогорова-Обухова. Теоретическая модель столкновения капель в турбулентном потоке рассматривается этой теорией с учетом следующих предположений [3]:

- имеет место полное увлечение капель нефти турбулентными пульсациями того масштаба, который играет основную роль в механизме столкновения капель;
- вокруг каждой капли существует сферическая поверхность $R_c = 1,5d_k$, при попадании в которую всякая другая капля столкнется и сольется с выделенной каплей;
- радиус сферы R_c весьма мал по сравнению с масштабом турбулентности l .

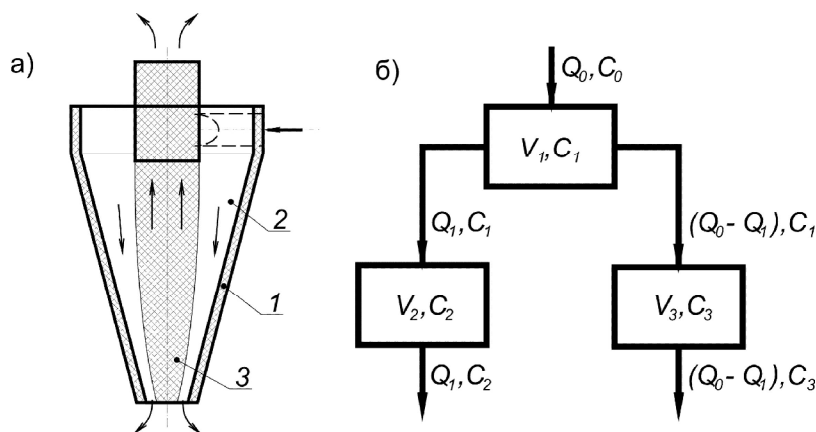


Рис. 1. Комбинированная модель гидроциклона

При наличии поглощающей сферы, концентрация капель поверхности которой равна нулю, вблизи ее возникает градиент концентрации капель и соответствующий ему диффузионный поток, равный среднему числу капель n , пересекающих эту поверхность вследствие турбулентного движения, распределение которых характеризуется диффузионным уравнением [3]:

$$\operatorname{div}(D_{\text{турб}} \cdot \operatorname{grad} n) = 0, \quad (1)$$

где: $D_{\text{турб}}$ – коэффициент турбулентной диффузии; n – число капель в единице объема.

Граничные условия имеют вид:

$$\begin{aligned} n &= 0 \quad \text{при} \quad r = R; \\ n &= n_0 \quad \text{при} \quad r = \infty. \end{aligned} \quad (2)$$

Путем математических преобразований получено выражение для определения диаметра капель нефти после коалесценции:

$$d_k = \sqrt{\frac{48.96 \cdot r \cdot c_n \cdot k}{r_n} + d_0^2}. \quad (3)$$

Соотношение (3) учитывает увеличение диаметра капель, движущихся в турбулентном потоке, для монодисперсной системы при попарном слиянии капель и при одинаковом времени пребывания капель в аппарате. В реальных аппаратах время пребывания капель в турбулентном потоке будет самым различным, т.е. на выходе из аппарата имеет место полидисперсная система, в которой распределение капель по крупности зависит от гидродинамических характеристик аппарата. Функция распределения капель по крупности для полидисперсной системы имеет вид:

$$C(d_k) = [C = f(t)] \cdot \frac{dt}{d(d_k)}, \quad (4)$$

где $C = f(t)$ – функция распределения времени пребывания жидкости в гидроциклоне.

$$C(d_k) = \frac{dt}{d(d_k)} = \frac{2 \cdot d_k \cdot r_n}{48.96 \cdot c_n \cdot k} = 0.041 \frac{d_k \cdot r_n}{c_n \cdot k}; \quad (5)$$

Таким образом, ставится задача найти функцию $C = f(t)$, характеризующую структуру потоков в напорном гидроциклоне. Для напорного гидроциклона, работающего со свободным изливом, функция (4) определена следующим образом: с гидродинамической точки зрения гидроциклон представлен в виде комбинированной модели, состоящей из трех звеньев с объемами V_1, V_2, V_3 (см. рис. 1 б).

Первое звено представляет промежуточную зону гидроциклона, второе – пристенную (зону разрушения и сепарации), третье – центральную (зону концентрации). Жидкость с расходом Q_0 и концентрацией вещества C_0 поступает в первую зону с объемом V_1 , в которой концентрация изменяется от C_0 до C_1 . Далее часть потока с расходом Q_1 и концентрацией C_1 поступает в зону с объемом V_2 , где концентрация изменяется от C_1 до C_2 . Другая часть потока с расходом $(Q_0 - Q_1)$ и концентрацией C_1 поступает в зону с объемом V_3 , в которой концентрация изменяется от C_1 до C_3 .

Уравнения материального баланса записываются в следующем виде:

$$\begin{aligned} Q_0 C_0 - Q_1 C_1 - (Q_0 - Q_1) C_1 &= V_1 \frac{dC_1}{dt}, \\ Q_1 C_1 - Q_1 C_2 &= V_2 \frac{dC_2}{dt}, \\ (Q_0 - Q_1) C_1 - (Q_0 - Q_1) C_3 &= V_3 \frac{dC_3}{dt}. \end{aligned} \quad (6)$$

Используя преобразование Лапласа, уравнения (6) запишем в виде:

$$\begin{aligned} C_0(P) - C_1(P) &= T_1 \cdot P \cdot C_1(P), \\ C_1(P) - C_2(P) &= T_2 \cdot P \cdot C_2(P), \\ C_1(P) - C_3(P) &= T_3 \cdot P \cdot C_3(P), \end{aligned} \quad (7)$$

$$\text{где } T_1 = \frac{V_1}{Q_0}, T_2 = \frac{V_2}{Q_1}, T_3 = \frac{V_3}{Q_0 - Q_1}. \quad (8)$$

Передаточные функции системы для нижнего и верхнего сливов гидроциклона имеют вид:

$$W_{1-2} = \frac{C_2(P)}{C_0(P)} = \frac{1}{(T_2 P + 1)(T_1 P + 1)}, W_{1-3} = \frac{C_3(P)}{C_0(P)} = \frac{1}{(T_3 P + 1)(T_1 P + 1)}. \quad (9)$$

После обратного преобразования Лапласа получим функции распределения времени пребывания жидкости для нижнего и верхнего сливов напорного гидроциклона:

$$C_{1-2}(t) = \frac{1}{T_1 - T_2} \left(e^{-\frac{t}{T_1}} - e^{-\frac{t}{T_2}} \right), C_{1-3}(t) = \frac{1}{T_1 - T_3} \left(e^{-\frac{t}{T_1}} - e^{-\frac{t}{T_3}} \right). \quad (10)$$

Подставляя (5) и (10) в (4) получим:

$$C_{1-2}(d_k) = \frac{d_k \cdot r_n}{12(T_1 - T_2) \cdot D_{\text{турб}} \cdot C_n \cdot k} \left(e^{-\frac{t}{T_1}} - e^{-\frac{t}{T_2}} \right), \quad (11)$$

$$C_{1-3}(d_k) = \frac{d_k \cdot r_h}{12(T_1 - T_3) \cdot D_{\text{турб}} \cdot C_n \cdot k} \left(e^{-\frac{t}{T_1}} - e^{-\frac{t}{T_3}} \right); \quad (12)$$

Величина D -труб для гидроциклона Г-75-1 по исследованиям КГАСУ [3] составляет $2,04 \text{ см}^2/\text{с}$. По формулам (11) и (12) можно определить текущие значения функции распределения частиц нефти по крупности. Средние размеры частиц нефти в потоке НСВ из нижнего и верхнего сливов гидроциклона можно определить из следующих выражений:

$$d_{\text{н.сл.}}^{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i \cdot C_{1-2}(d_k)_i}{\sum_{i=1}^m C_{1-2}(d_k)_i} \times \left(\frac{\sum_{i=1}^m C_{1-2}(d_k)_i}{\sum_{i=1}^m C_{1-2}(d_k)_i} \right)^{-1}, \quad (13)$$

$$d_{\text{в.сл.}}^{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i \cdot C_{1-3}(d_k)_i}{\sum_{i=1}^m C_{1-3}(d_k)_i} \times \left(\frac{\sum_{i=1}^m C_{1-3}(d_k)_i}{\sum_{i=1}^m C_{1-3}(d_k)_i} \right)^{-1};$$

где $i=1, 2, \dots, m$ – количество расчетных точек.

Для определения адекватности выражений (10) проведены экспериментальные исследования структуры потоков в напорном гидроциклоне [2]. По опытным данным построены экспериментальные кривые отклика на импульсное возмущение, которые вместе с теоретическими кривыми отклика приведены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, теоретические и экспериментальные кривые отклика имеют вид, соответствующий ячеечной модели (см. рис. 1 б) [2]. Адекватность теоретических и экспериментальных кривых отклика определялась по критерию Фишера.

Расчеты показали, что выражения (10) адекватно описывают распределение времени пребывания жидкости для нижнего и верхнего сливов гидроциклона и могут быть использованы при расчете промышленных гидроциклонных установок, предназначенных для очистки нефтесодержащих сточных вод.

Далее исследования были продолжены на модели блока гидроциклон-отстойник (БГО). Исследованиями визуализации потока в модели отстойника установки БГО установлено, что в полости отстойника имеют место: зона повышенной турбулентности 1 (турбулентного перемешивания) и зона 2 со значительно меньшей интенсивностью турбулентности (транспортная зона).

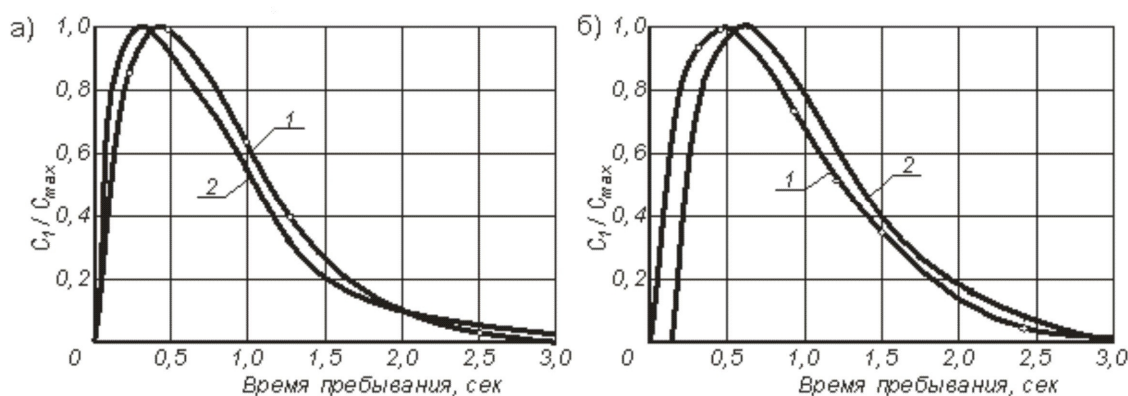


Рис. 2. Теоретические (1) и экспериментальные (2) кривые отклика на импульсное возмущение при $P_{\text{вх}}=0,2 \text{ МПа}$: а) нижний слив; б) верхний слив

Граница 3 зоны повышенной турбулентности 1 располагается у нижней кромки распределительной системы 4 верхнего слива. У сферической поверхности стенки модели и у верхней перегородки имеет место образование циркуляционных зон (рис. 3 а).

Для получения функции распределения времени пребывания жидкости в установке типа БГО на основании приведенных выше исследований составлена структурная схема

комбинированной модели потоков в ней (рис. 3 б), которая состоит из трех ячеек идеального перемешивания: первой ячейкой является гидроциклон; вторая ячейка – зона повышенной турбулентности (турбулентного перемешивания); третья ячейка – транспортная зона.

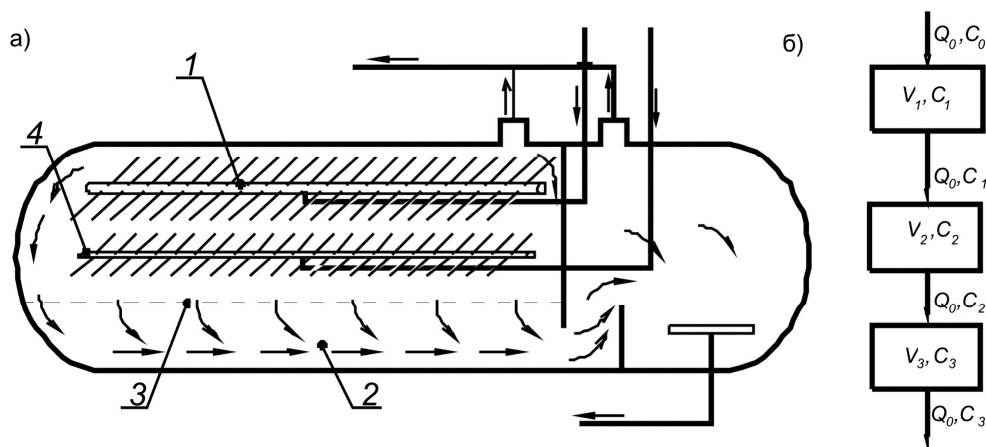


Рис. 3. Структура потоков в отстойнике и математическая модель БГО

В соответствии со схемой (рис. 6) уравнения материального баланса имеют вид:

$$\begin{aligned} Q_0 C_0 - Q_0 C_1 &= V_1 \frac{dC_1}{dt}; \\ Q_0 C_1 - Q_0 C_2 &= V_2 \frac{dC_2}{dt}; \\ Q_0 C_2 - Q_0 C_3 &= V_3 \frac{dC_3}{dt}; \end{aligned} \quad (14)$$

где Q_0 – расход жидкости через установку БГО; V_1, V_2, V_3 – соответственно объемы первой, второй и третьей ячеек; C_1, C_2, C_3 – соответственно концентрация индикатора в первой, второй и третьей ячейках; C_0 – концентрация индикатора на входе в установку БГО.

После преобразования Лапласа система (14) имеет вид:

$$\begin{aligned} C_0(p) - C_1(p) &= A_1 \cdot p \cdot C_1(p); \\ C_1(p) - C_2(p) &= A_2 \cdot p \cdot C_2(p); \\ C_2(p) - C_3(p) &= A_3 \cdot p \cdot C_3(p); \end{aligned} \quad (15)$$

где $p = iw$ – комплексная переменная; $i = \sqrt{-1}$; w – частота; $A_1 = V_1/Q_0$, $A_2 = V_2/Q_0$, $A_3 = V_3/Q_0$.

Передаточная функция исследуемой системы имеет вид:

$$W(p) = \frac{C_3(p)}{C_0(p)} = \frac{1}{A_1 A_2 A_3 \left(\frac{1}{A_1} + p \right) \left(\frac{1}{A_2} + p \right) \left(\frac{1}{A_3} + p \right)}. \quad (16)$$

Функция отклика после обратного преобразования Лапласа может быть представлена в виде:

$$C(t) = \frac{y_1}{A_1} e^{-\frac{t}{A_1}} + \frac{y_2}{A_2} e^{-\frac{t}{A_2}} + \frac{y_3}{A_3} e^{-\frac{t}{A_3}}, \quad (17)$$

где

$$y_1 = \frac{A_1^2}{(A_2 - A_1)(A_3 - A_1)}; \quad y_2 = \frac{A_2^2}{(A_1 - A_2)(A_3 - A_2)}; \quad y_3 = \frac{A_3^2}{(A_1 - A_3)(A_2 - A_3)}. \quad (18)$$

Адекватность полученной математической модели структуры потоков в установке типа БГО определялась по критерию Фишера [4].

Концентрация нефтепродуктов на выходе из установки типа БГО может быть определена по формуле [5]:

$$C = \sum_0^{\infty} u(t) \cdot \Delta t = \Delta t \sum_0^{\infty} u(t), \quad (19)$$

где Δt – интервал времени между моментами определения функции $u(t)$.

Функция $u(t)$ определялась путем перемножения функций $s(t)$ и $E(t)$. Значения функции $s(t)$ определялись по формуле (18). Значения функции $E(t)$ получены экспериментально. Математическая модель структуры потоков в аппаратах типа БГО позволяет прогнозировать эффективность их работы.

Следующим этапом развития конструкций гидроциклонных установок, предназначенных для очистки НСВ, является аппарат гидроциклон – цилиндрические камеры нижнего и верхнего сливов гидроциклона – отстойник (БГКО), принципиальная схема которого приведена на рис. 4 а.

По сравнению с другими гидроциклонными установками БГКО имеет более высокую эффективность за счет использования для разделения эмульсий типа Н/В остаточной энергии закрученных потоков, которое осуществляется в цилиндрических камерах верхнего и нижнего сливов [6]. Структурная схема комбинированной модели потоков в установке типа БГКО приведена на рис. 4 б.

Схема состоит из четырех ячеек идеального смешения: ячейка I объемом W_1 представляет собой гидроциклон; ячейка II объемом W_2 – цилиндрическую камеру нижнего слива гидроциклона; ячейка III объемом W_3 – цилиндрическую камеру верхнего слива гидроциклона; ячейка IV объемом W_4 – отстойник. В соответствии со структурной схемой C_0, C_1, C_2, C_3 и C_4 являются, соответственно, концентрациями индикатора на входе в систему и ячейках I, II, III и IV, а Q_0, Q_1 и Q_2 – соответственно, расходы воды, поступающие в гидроциклон, камеру нижнего слива и камеру верхнего слива.

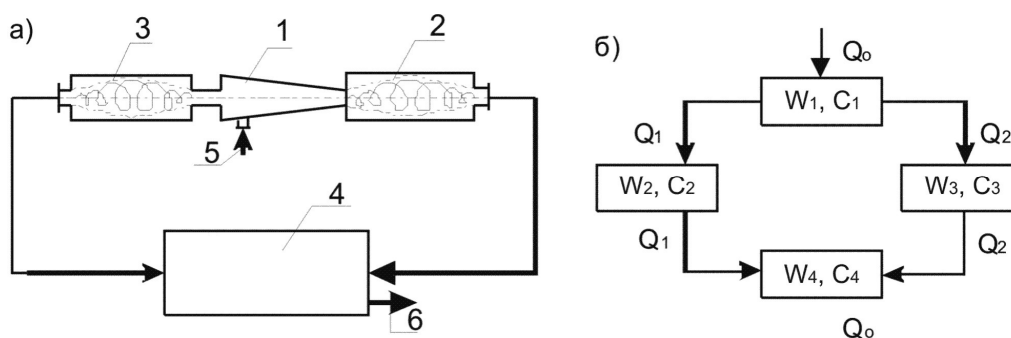


Рис. 4. Принципиальная схема установки и структурная схема БГКО:

1 – гидроциклон; 2 – цилиндрическая камера нижнего слива;

3 – цилиндрическая камера верхнего слива; 4 – отстойник; 5 – подача НСВ на очистку;

6 – отвод очищенной НСВ

Уравнение материального баланса для аппарата БГКО имеет вид [6]:

$$\begin{aligned} W_1 \frac{dC_1}{dt} &= Q_0 C_0 - Q_1 C_1 - Q_2 C_2, \\ W_2 \frac{dC_2}{dt} &= Q_1 C_1 - Q_1 C_2, \\ W_3 \frac{dC_3}{dt} &= Q_2 C_1 - Q_2 C_3, \\ W_4 \frac{dC_4}{dt} &= Q_1 C_2 + Q_2 C_3 - Q_0 C_4. \end{aligned} \quad (20)$$

В операторной форме система уравнений (20) имеет вид [6]:

$$\begin{aligned} A_1 p C_1 &= C_0 - I_1 C_1 - I_2 C_2, \\ A_2 p C_2 &= I_1 C_1 - I_1 C_2, \\ A_3 p C_3 &= I_2 C_1 - I_2 C_3, \\ A_4 p C_4 &= I_1 C_2 + I_2 C_3 - C_4, \end{aligned} \quad (21)$$

$$\text{где } A_1 = \frac{W_1}{Q_0}; \quad A_2 = \frac{W_2}{Q_0}; \quad A_3 = \frac{W_3}{Q_0}; \quad A_4 = \frac{W_4}{Q_0}; \quad I_1 = \frac{Q_1}{Q_0}; \quad I_2 = \frac{Q_2}{Q_0}.$$

Передаточная функция после соответствующего преобразования будет иметь вид [6]:

$$W(P) = \frac{K}{(p-d)} \cdot \frac{P+f}{(p-a)(p-b)(p-c)}, \quad (22)$$

где

$$K = \frac{A_3 I_1^2 + A_2 I_2^2}{A_1 A_2 + A_3 A_2}; \quad f = \frac{I_1^2 I_2 + I_2^2 I_1}{A_2 I_2^2 + A_3 I_1^2}; \quad \frac{I_1 + I_2}{A_1} = -a; \quad \frac{I_1}{A_2} = -b; \quad \frac{I_2}{A_3} = -c; \quad \frac{1}{A_4} = -d.$$

После математических преобразований дифференциальная функция распределения времени пребывания жидкости в установке типа БГКО имеет вид [6]:

$$C(t) = K \left[\frac{\bar{A}}{\frac{1}{A_4} + a} e^{at} + \frac{\bar{B}}{\frac{1}{A_4} + b} e^{bt} + \frac{\bar{C}}{\frac{1}{A_4} + c} e^{ct} - \left(\frac{\bar{A}}{\frac{1}{A_4} + a} + \frac{\bar{B}}{\frac{1}{A_4} + b} + \frac{\bar{C}}{\frac{1}{A_4} + c} \right) e^{-\frac{1}{A_4} t} \right]$$

$$\text{где } \bar{A} = \frac{a+f}{(a-b)(a-c)}; \quad \bar{B} = \frac{b+f}{(b-a)(b-c)}; \quad \bar{C} = \frac{c+f}{(c-a)(c-b)}. \quad (23)$$

Проведенные экспериментальные исследования [6] доказали адекватность разработанной математической модели, которая позволяет прогнозировать крупность частиц нефти в воде на выходе из установки БГКО с помощью дифференциальной функции распределения частиц внутренней фазы эмульсий типа «нефть в воде». Данная функция имеет вид [6]:

$$C(d_k) = \frac{0.0455K \cdot d_k^{1/3}}{A_1 \cdot A_3 \cdot f^{5/9} \cdot e_0^{1/3} \cdot q} \left[\frac{\bar{A}}{\frac{1}{A_4} + a} e^{at} + \frac{\bar{B}}{\frac{1}{A_4} + b} e^{bt} + \frac{\bar{C}}{\frac{1}{A_4} + c} e^{ct} - \left(\frac{\bar{A}}{\frac{1}{A_4} + a} + \frac{\bar{B}}{\frac{1}{A_4} + b} + \frac{\bar{C}}{\frac{1}{A_4} + c} \right) e^{-\frac{1}{A_4} t} \right], \quad (24)$$

где φ – относительное объемное содержание массы капель дисперсной фазы эмульсий типа Н/В; ϵ_0 – величина удельной диссипации энергии; Θ – коэффициент эффективности столкновения частиц дисперсной фазы.

Теоретические и экспериментальные исследования процессов очистки нефтесодержащих сточных вод, проводимые в течение ряда лет на кафедре Водоснабжения и водоотведения КГАСУ, позволяют разрабатывать более эффективные конструкции гидроциклонных установок для очистки НСВ и методы их расчетов.

Список литературы

1. Адельшин А.Б. Энергия потока в процессах интенсификации очистки нефтесодержащих сточных вод. Часть 1. Гидроциклоны: Монография. – Казань: КГАСУ, 1996. – 200 с.
2. Адельшин А.Б., Селюгин А.С. Математическая модель гидродинамики потоков в напорном гидроциклоне // Известия вузов. Сер. «Строительство», 1991, № 12. – С. 71-75.
3. Адельшин А.Б., Селюгин А.С., Бусарев А.В. Моделирование процессов изменения дисперсности капель внутренней фазы нефтяных эмульсий в напорных гидроциклонах // Межвуз. сб. науч. трудов «Исследование сетей, аппаратов и сооружений водоснабжения и канализации». – Казань: КИСИ, 1990. – С. 4-9.

4. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1976. – 464 с.
5. Роев Г.А. Исследование эффективности работы отстойников непрерывного действия при очистке нефтесодержащих сточных вод // Тр. Московского ин-та нефтехим. и газ. пр-ти им. И.М. Губкина, 1980, вып. 153. – С. 43-49.
6. Адельшин А.А. Моделирование процессов и разработка установок очистки нефтесодержащих сточных вод на основе использования закрученных потоков: дис...канд. техн. наук: 05.23.04: защищена 25.12.09. – Пенза, 2009. – 181 с.

Adelshin A.B. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: a566pm@rambler.ru

Selugin A.S. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: sa.789@yandex.ru

Busapev A.V. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: redner1@rambler.ru

Adelshin A.A. – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Modeling of hydrodynamics of streams in hydrocyclonic installations

Resume

Installations are developed for clearing of petrocontaining sewage (PCS) the block a hydrocyclone-sediment bowl and a hydrocyclone - cylindrical chambers bottom and top drain branch pipe a hydrocyclone – a sediment bowl. In the given installations all stages of process of destruction of oil emulsions are realized: destruction of "reserving" covers round oil drops, collision and merge of particles of a disperse phase, stratification of emulsions, increase in monodispersion of an internal phase of emulsions. Processing of emulsions in the field of centrifugal forces of pressure head hydrocyclones intensifies process of the subsequent upholding and raises overall performance of the sediment bowls which are a part of block hydrocyclonic installations.

For perfection of block hydrocyclonic installations research of hydrodynamics of the given devices is necessary.

Mathematical models of coalescence process particles of a disperse phase (oil) and structure of streams in a turbulent stream in a pressure head hydrocyclone and block hydrocyclonic installations are developed. For check of adequacy of the received expressions experimental researches on research of structure of streams and change of dispersion of particles of oil at processing in a pressure head hydrocyclone and installations the block a hydrocyclone-sediment bowl and a hydrocyclone – cylindrical chambers bottom top drain branch pipe a hydrocyclone-sediment bowl are spent.

Researches have shown that received theoretical expressions adequately describe time distribution liquids for bottom both top drain branch pipe a hydrocyclone and change of dispersion of particles of oil at processing in a pressure head hydrocyclone and block hydrocyclonic installations can be used at calculation industrial hydrocyclonic installations for clearing of petrocontaining sewage.

Theoretical and experimental researches of processes of clearing of petrocontaining sewage allow to develop more effective designs of hydrocyclonic installations for clearing of petrocontaining sewage and methods of their calculations.

Keywords: petrocontaining sewage, clearing, the hydrocyclones, the twirled stream, drain chambers, sediment bowl, hydrodynamics, coalescence, modeling.

References

1. Adelshin A.B. Energy of a stream in processes of an intensification of clearing of the petrocontaining sewage. Part 1. Hydrocyclones: the Monography. – Kazan: KSABA, 1996. – 200 p.
2. Adelshin A.B., Seljugin A.S. Mathematical model of hydrodynamics of streams in Pressure head hydrocyclone// News of High schools. A series «Building», 1991, № 12. – P. 71-75.
3. Adelshin A.B., Seljugin A.S., Busarev A.V. Modeling of processes of change dispersions of drops of an internal phase of oil emulsions in pressure head hydrocyclones // The interuniversity collection of proceedings «Research of networks, devices and constructions water supply and the water drain». – Kazan., KEBI, 1990. – P. 4-9.
4. Kafarov V.V. Metody of cybernetics in chemistry and chemical technology. – M.: Chemistry, 1976. – 464 p.
5. Roev G. A. Research of overall performance of sediment bowls of continuous action at to clearing of petrocontaining sewage // Works of the Moscow institute of the petrochemical and gas industry of a name of I.M. Gubkina, 1980, release 153. – P. 43-49.
6. Adelshin A.A. Modeling of processes and working out of installations of clearing petrocontaining sewage on the basis of use of the twirled streams: The dissertation on competition of a scientific degree of Cand.Tech.Sci.: 05.23.04: it is protected 25.12.09. – Penza, 2009. – 181 p.