

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ НЕФТИ С УЧЕТОМ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ**

**А.А. Боговой, Е.Г. Ефимова**

*Научный руководитель: к.х.н., доцент Н.В. Ушева*

*Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет, Томск, Россия*

Процессы разделения водонефтяных эмульсий являются одним из основных этапов промысловой подготовки нефти.

При разработке и эксплуатации нефтяных месторождений наблюдается изменение состава и расхода пластовой смеси, возрастает обводненность нефти [1,2], что требует корректировки технологических режимов для обеспечения эффективности проведения процессов обезвоживания и обессоливания. На кафедре химической технологии топлива и химической кибернетики ТПУ разработана моделирующая система (МС) промысловой подготовки нефти [3,4], в которой реализован модульный принцип формирования моделей аппаратов технологической схемы. Каждый модуль описывает отдельные процессы промысловой подготовки нефти: каплеобразование в подводящем трубопроводе, сепарацию газа от нефти, отстаивание водонефтяной эмульсии.

Каплеобразователь на установке промысловой подготовки нефти (УПН) не изменяет в количественном отношении составы входных потоков, а служит для увеличения диаметров капель воды, взвешенных в водонефтяной эмульсии, для последующего их осаждения в отстойнике.

Целью данной работы является расчет остаточной обводненности нефти с учетом с учетом дисперсного состава водонефтяной эмульсии.

Расчет процесса отстаивания основывается на законах осаждения капель воды под действием силы тяжести, с учетом скорости стесненного осаждения, а также эмпирических и полуэмпирических уравнениях, описывающих физико-химические свойства материальных потоков как функции технологических параметров процесса обезвоживания нефти [1-6].

Скорость стеснённого осаждения ( $\omega$ ) капли размером  $d_i$  может быть рассчитана по формуле [7]:

$$\omega = \frac{(D-h)}{t_{oc}} \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр отстойника, м;

$h$  – высота водяной подушки, м;

$t_{oc}$  – время осаждения, с.

Время осаждения рассчитывается следующим образом:

$$t_{oc} = \frac{L \cdot S_H}{Q_{ж}} \quad (2)$$

где  $L$  – длина гравитационной отстойной части аппарата, м;

$S_H$  – площадь поперечного сечения в отстойнике, занятая нефтью, м<sup>2</sup>;

$Q_{ж}$  – нагрузка на отстойник по жидкости, м<sup>3</sup>/с.

Для расчета размеров капель формирующихся в турбулентном потоке предложено много различных зависимостей [6-8]. Размеры формирующихся капель воды зависят от многих факторов, в том числе от скорости потока, поверхностного натяжения на границе раздела фаз нефть–вода, вязкости нефти и воды, режима движения потока.

Расчет максимального диаметра капли, устойчивой к дроблению в данных гидродинамических условиях проводится по следующему соотношению [1,2]:

$$D_{max} = 6,45 \cdot d_{тп} \cdot Re^{0,2} / W_{г}^{1,4} \quad (3)$$

где  $d_{тп}$  – диаметр трубопровода.

При этом критерий Рейнольдса равен:

$$Re = \frac{u d_{тп} \rho_c}{\mu_c} \quad (4)$$

где  $u$  – линейная скорость потока,  $\rho_c$ ,  $\mu_c$  – плотность и вязкость сплошной фазы.

Критерий Вебера:

$$W_{г} = \frac{u^2 d_{тп} \rho_c}{\sigma} \quad (5)$$

где  $\sigma$  – поверхностное натяжение.

Как следует из литературных данных [1,2,6], распределение капель воды по размерам при разделении водонефтяных эмульсий в большинстве случаев соответствует логнормальному распределению.

С использованием распределения капель по размерам и сравнении времени осаждения капель данного диаметра со временем их пребывания в аппарате определяется концентрация ( $C_{н.к.}$ ) не осевших капель воды, тогда остаточная обводненность нефти может быть рассчитана по формуле:

$$W_{ост} = C_{н.к.} W \quad (6)$$

где  $w$  – начальная обводненность нефти, % мас.

Данная математическая модель процесса отстаивания позволяет рассчитывать максимальный диаметр капель воды устойчивых к дроблению в данных гидродинамических условиях, распределение капель по размерам и остаточную обводненность нефти.

С использованием разработанной математической модели были проведены расчеты при следующих исходных данных:

плотность нефти 836 кг/м<sup>3</sup>; температура в аппарате 15 °С; объем аппарата 200 м<sup>3</sup>; вязкость нефти 5.95·10<sup>-3</sup> Па·с; давление 0,3 МПа, обводненность на входе 20%; высота водяной подушки 0,8 м; диаметр аппарата 3,4 м.

Результаты расчетов по влиянию скорости потока и диаметра подводящего трубопровода приведены в таблице.

Таблица 1

**Влияние скорости потока на остаточную обводненность нефти**

Расход, кг/час.	Объемный расход, м <sup>3</sup>	Диаметр патрубка, м	Линейная скорость, м/сек	Критерий Рейнольдса	Диаметр капли, мкм	Остаточная Обводненность % масс.
200	0,0631	0,26	1,189	22928	336	4,97
		0,3	0,893	20031	649	1,75
180	0,0576	0,26	1,085	20914	411	3,47
		0,3	0,815	19608	794	1,17
160	0,0505	0,26	0,952	18336	549	1,93
		0,3	0,715	16029	1060	0,51
140	0,0441	0,26	0,831	16012	739	0,97
		0,3	0,624	14006	1428	0,22

Полученные результаты показали, что с увеличением расхода и диаметра входного патрубка возрастает диаметр формирующихся капель воды, при этом показано, что диаметр капли очень чувствителен к линейной скорости потока. Содержание воды в нефти (табл.) на выходе аппарата возрастает при увеличении линейной скорости потока. Исследования по влиянию температуры (при расходе 180 кг/час.) показали, что с ростом температуры от 15 до 35 °С остаточная обводненность снижается до 2,2% масс.

Таким образом, разработанная математическая модель процесса отстаивания позволяет рассчитывать остаточную обводненность нефти с учетом физико-химических свойств и дисперсного состава водонефтяной эмульсии, гидродинамики потоков и конструктивных особенностей аппаратов.

**Литература**

1. Тронов В.П. Промысловая подготовка нефти. Казань: ФЭН. 2000.- 416с.
2. Дуношкин И.И. Сбор и подготовка скважинной продукции нефтяных месторождений. М.: ФГУП «Нефть и Газ, 2006. 320 с.
3. Ушева Н.В., Кравцов А.В., Мойзес О.Е., Кузьменко Е.А. Моделирование технологии промышленной подготовки нефти // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т.308 - №4. – с. 127-130.
4. Ким С.Ф., Ушева Н.В., Самборская М.А., Мойзес О.Е., Кузьменко Е.А. Модульный принцип построения математических моделей аппаратов и технологических схем промышленной подготовки нефти // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2013. – №10. – С.41 – 44.
5. Usheva N. V. , Moyzes O. E. , Kuzmenko E. A. , Kim S. F. , Khlebnikova E. S. , Gizatullina S. N. , Filippova T. V. Analysis of technological conditions influence on efficiency of oilfield treatment (Article number 012047) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2015 - Vol. 27. - p. 1-5
6. Пергушев Л.И., Деникаев Р.Т. Расчет скорости транспортирования высокообводненной эмульсии по трубопроводу без ее расслоения // Нефтепромышленное дело. – 2001. – №12.- с. 25-28.
7. Лутошкин Г.С., Дуношкин М.И. Сборник задач по сбору и подготовке нефти, газа и воды на промыслах. Учебное пособие для вузов. – 3-е изд., стереотипное. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 135 с.
8. Алиев Т.А., Гулуев Г.А., Рзаев А.Г., Юсифов И.Б. Математическое моделирование нанотехнологических процессов в подготовки нефти// Нефтепереработка и нефтехимия. – 2010. - №4. – С.26-29.