

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СМЕСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ОБЕССОЛИВАНИЯ НЕФТИ

Жолобова Г.Н., Хисаева Е.М., Сулейманов А.А., Галиакбаров В.Ф.
*Уфимский государственный нефтяной технический университет,
кафедра «Вычислительная техника и кибернетика»
email: nt-centr77@yandex.ru*

Статья посвящена сравнительному анализу структуры смешиваемых потоков в различных модификациях устройства для повышения эффективности обессоливания нефти, с целью определения рациональных конструктивных параметров, обеспечивающих эффективное смешение и диспергирование промывной воды и нефти. Рассчитаны гидродинамические характеристики и конструктивный параметр, характеризующий интенсивность закрутки, для каждого образца устройства. С помощью компьютерного моделирования определены концентрации воды в смеси, значения давления и турбулентной энергии в рассматриваемых устройствах. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: гидродинамика, структура потока, струя, завихритель, тангенциальный подвод, параметр крутки, угол раскрытия, гидродинамическая длина струи, обратные токи, устье

Поступающая на переработку сырая нефть содержит неорганические и органические хлористые соли, которые вызывают коррозию оборудования и снижают качество вырабатываемых нефтепродуктов, поэтому соль необходимо выводить из нефти. Решение этой задачи в настоящее время обеспечивается комплексом методов, которые включают глубокое обезвоживание и обессоливание сырой нефти. Технологическая операция обессоливания предполагает промывку нефти пресной водой. В работе [1] было показано, что качество обессоливания напрямую зависит от того, насколько эффективно смешана нефть и промывная вода.

Главным недостатком существующих способов смешения нефти с промывной пресной водой является слабая степень диспергирования и недостаточное перемешивание. Обеспечить интенсивное смешение и диспергирование возможно лишь с применением специализированных смесителей.

Данная статья посвящена анализу структуры потоков в различных модификациях конструкции смесителя для повышения эффективности обессоливания нефти с целью определения рациональных конструктивных и гидродинамических параметров устройства.

Рабочий процесс многих смесительных аппаратов определяется структурой смешиваемых потоков, которая обусловлена гидродинамикой их взаимодействия.

Многочисленные исследования методов организации взаимодействия потоков показали, что закручивание оказывает значительное влияние на процесс смешения в целом. В основе этого воздействия лежит интенсификация турбулентного смешения под влиянием центробежных сил вращения на пульсационное движение потока.

На пространственную структуру вращающихся потоков влияет закрутка струи. Известно [2], что струйные течения подразделяются на прямоточные и закрученные.

Закрученные струи характеризуются тремя составляющими скорости – радиальной, аксиальной и тангенциальной. На рис. 1 приведены поля течения свободных струй различной степени закрутки. Под действием закрутки можно получить различную структуру течения.

На рис. 1а изображена слабо закрученная струя, которая из-за наличия центробежных сил имеет больший угол раскрытия, нежели прямоточная [4]. Однако максимум аксиальной скорости находится на оси струи, как и в прямоточной. Профиль аксиальной скорости, как и в прямоточной струе, имеет форму нормального гауссовского распределения.

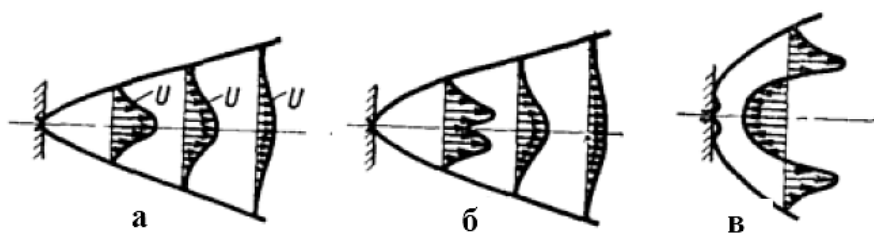


Рисунок 1. Профиль скорости свободных затопленных струй различной степени крутки [4]:

а – слабо закрученная струя, б – умеренно закрученная струя, в – сильно закрученная разомкнутая струя, U – аксиальная скорость

С дальнейшим увеличением закрутки профиль аксиальной скорости принимает М-образную форму (рис. 1б). Далее вниз по течению максимум скорости смещается к оси и профиль скорости снова напоминает свободную затопленную струю.

Дальнейшее повышение закрутки ведет к тому, что появляется зона обратного течения, которая либо смыкается вниз по течению либо расширяется настолько, что струя далее вниз по течению не смыкается (рис. 1в).

Для создания закрученных струй используют различные завихрители. Наибольшее распространение получили завихрители, обеспечивающие получение струи от слабо до сильно закрученной. Все эти завихрители можно отнести к пяти типам:

- тангенциальный Т;
- улиточный тангенциальный У;
- тангенциальный лопаточный ТЛ;
- аксиальный (лопаточный) А;
- аксиально - тангенциальный (лопаточный) АТ.

В зависимости от способов закрутки и конструкции сопла можно получить разные режимы течения как с развитой зоной обратного тока, так и без нее. Изменяя конструктивные параметры завихрителей, можно получать различную степень закрутки потока на выходе из завихрителя.

Таким образом, от степени закрутки, типа завихрителя и формы устья сопла зависят важнейшие гидродинамические характеристики струи. От закрутки зависит неравномерность распределения скорости по сечению сопла.

Из представленных видов завихрителей наиболее надежным и простым в изготовлении является тангенциальный. Использование лопаточных завихрителей для смешения нефти не представляется рациональным, так как в сырой нефти много механических примесей, которые могут вызывать деформацию и разрушение лопаток и как следствие поломку завихрителя. Улиточный завихритель сложен в изготовлении, быстро изнашивается, имеет ограниченный ресурс работы. Поэтому для создания структуры потока, обеспечивающей должное качество смешения, будем использовать тангенциальный завихритель. Для усиления взаимодействия потоков применим два завихрителя, закручивающих потоки воды и нефти в противоположенных направлениях.

Завихритель с простым тангенциальным подводом имеет следующие конструктивные параметры: a – ширина подводящего канала, b – его длина, d – диаметр цилиндрического канала, в котором закручивается поток. Число подводящих

каналов в завихрителе типа Т может варьироваться от одного до восьми. С увеличением их числа повышается равномерность распределения потока по сечению цилиндрического канала.

Оценить интенсивность закрученности струи можно с помощью параметр крутки n . Параметр n является конструктивным, поскольку его рассчитывают через геометрические элементы завихрителя по следующей формуле:

$$n = \frac{d(d-a)}{ab}. \quad (1)$$

Для сравнения различных модификаций конструкции смесителя будем использовать конструктивный параметр крутки n и следующие гидродинамические характеристики выдаваемого им закрученного потока [2]:

– угол раскрытия струи – вершина конуса начального участка закрученной струи. Вычисляется угол раскрытия φ в градусах по формуле:

$$\varphi = 69 \left(\frac{n-0,12}{2,8} \right)^{0,8}; \quad (2)$$

– гидродинамическая длина, или дальнобойность струи это длина струи вдоль ее оси до сечения, в котором максимальное значение скорости U_{xm} составляет 0,2 средней скорости в устье сопла W_a . Обычно измеряется в долях диаметра цилиндрического канала сопла. Относительная гидродинамическая длина струи L/d :

$$L/d = \left(\frac{200}{n} \right)^{0,24}. \quad (3)$$

В табл. 1 и 2 представлены конструктивные параметры для 5 различных модификаций конструкции смесителя. Образцы 1, 3 и 5 так же отличаются конфигурацией смесительной камеры. У образцов 1 и 2 смесительные камеры имеют разную степень сужения относительно образцов 2 и 4, у образца 5 длина камеры в два раза меньше относительно других образцов.

Таблица 1

Конструктивные параметры закручивающего устройства нефти

	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
a	0,01	0,01	0,008	0,01	0,01
b	0,218	0,218	0,218	0,141	0,141
d	0,099	0,126	0,099	0,126	0,126
$n = d(d-a)/(ab)$	4,042	6,705	5,166	10,366	10,366

Таблица 2

Конструктивные параметры закручивающее устройства воды

	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
a	0,01	0,01	0,01	0,015	0,015
b	0,02	0,025	0,03	0,035	0,03
d	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04
$n = d(d-a)/(ab)$	10,000	4,800	4,000	0,857	2,222

Численные модели работы различных модификаций смесителя были построены с помощью программного комплекса FlowVision [5]. В табл. 3 и 4 представлены результаты вычислительного эксперимента и рассчитанные гидродинамические характеристики для закручивающего устройства нефти и воды соответственно.

Таблица 3

Результаты моделирования работы закручивающего устройства нефти

	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Гидродинамические характеристики					
Угол раскрытия струи	73,314	80,48145	76,71613	87,14854	87,14854
Относит. гидродинамическая длина струи	2,550767	2,259009	2,404894	2,034703	2,034703
Результаты компьютерного моделирования					
Макс. давление, Па	140000	75000	145000	70000	65000
Макс. турбулентная энергия	108	42,2	111	41	38,1

Образец 2 при допустимом давлении < 100 кПа имеет максимальную турбулентную энергию, при этом наибольшее значение гидродинамической длины струи позволяет дольше сохранять равномерность турбулентности в смесительной камере.

Для закручивающего устройства воды образец 2 так же является наилучшим, поскольку при максимально возможном давлении 200 кПа обеспечивает максимальное значение турбулентной энергии и угла раскрытия струи, что увеличит область взаимодействия воды и нефти.

Таблица 4
Результаты моделирования работы закручивающего устройства воды

	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Гидродинамические характеристики					
Угол раскрытия струи	86,57986	75,68414	73,17291	54,26502	65,5304
Относит. гидродинамическая длина струи	2,05233	2,44765	2,55713	3,70096	2,944545
Результаты компьютерного моделирования					
Макс. давление, Па	220600	190500	170400	180800	183000
Макс. турбулентная энергия	16,2	12,1	10,5	11,4	10,1

На рис. 2 и 3 представлены результаты моделирования работы смесителя для образца 2 и 3. Данный слой отображает концентрацию воды в смеси в продольном сечении.

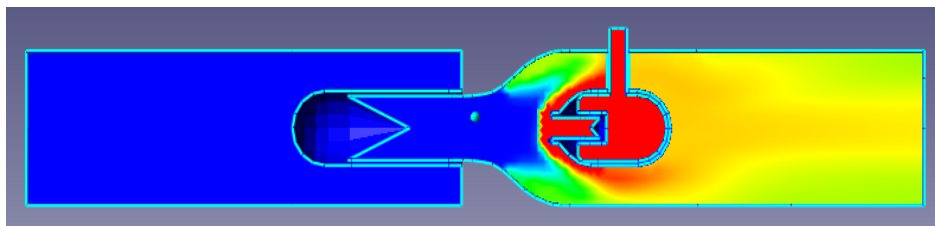


Рисунок 2. Распределение значений концентрации воды в смеси для образца №2

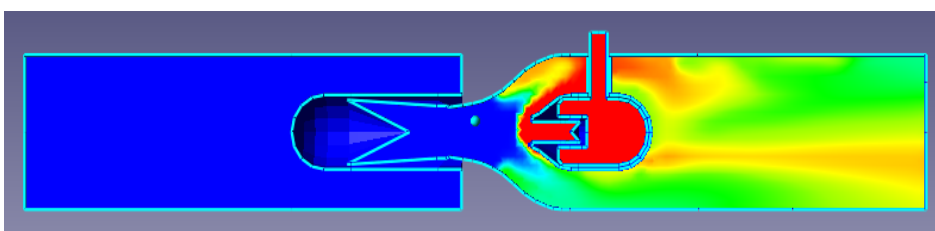


Рисунок 3. Распределение значений концентрации воды в смеси для образца №3

На изображении отчетливо видно, что конструкция признанная рациональной обеспечивает более равномерное смешение нефти с промывной водой, что усилит степень обессоливания. Промышленные испытания конструкции смесителя для обессоливания нефти показали положительный результат, достигнуто устойчивое содержание хлористых солей 1-2 мг/л.

Литература

1. Хуторянский Ф.М., Сомов В.Е., Каминский Э.Ф. Современное состояние установок глубокого обезвоживания и обессоливания нефти российских НПЗ. Пути совершенствования процесса и его технического перевооружения // Сборник научных трудов ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез» и ООО НИФ «ИНЖЕНЕР-СЕРВИС ВНИИНП». Кириши-Москва: Издательско-полиграфическое производство ОАО «ЦНИИТЭнефтехим», 2005. С. 6-27.
2. Ахмедов Р.Б., Балагула Т.Б., Рашидов Ф.К., Сакаев А.Ю. Аэродинамика закрученной струи. М.: Энергия, 1977. С. 8-10.
3. Ляховский Д.Н. Турбулентность в прямоочных и закрученных струях // Теория и практика сжигания газа. Л.: Недра, 1964. т II. С. 18-48.
4. Maier P. Untersuchung isothermen drallbehafteter Freistrahlen // «Forsch Ing». 1968. № 5. S. 133-164.
5. Кондранин Т.В., Ткаченко Б.К., Березникова М.В., Евдокимов А.В., Зуев А.П. Применение пакетов прикладных программ при изучении курсов механики жидкости и газа: Учебное пособие. М.: МФТИ, 2005. 104 с. // сайт компании «ТЕСИС», посвященный программному продукту FlowVision: [сайт] [2010] URL: <http://www.flowvision.ru/content/view/84/lang,russian/> (дата обращения 10.05.10).