

Таблица 2

Результаты расчета эквивалентных напряжений по Мизесу, напряжения и смещения

Имя	Минимальная	Максимальная
Напряжение по Мизесу	39,0102 МПа	316,454 МПа
Смещение	0 мм	0,81786 мм
Напряжение XX	-155,901 МПа	274,996 МПа
Напряжение XY	-93,2268 МПа	111,71 МПа
Напряжение XZ	-134,505 МПа	134,672 МПа
Напряжение YY	-387,308 МПа	357,746 МПа
Напряжение YZ	-126,051 МПа	118,839 МПа
Напряжение ZZ	-178,115 МПа	273,425 МПа
Смещение по оси X	-0,816806 мм	0,765562 мм
Смещение по оси Y	-0,055204 мм	0,0559723 мм
Смещение по оси Z	-0,729738 мм	0,737768 мм

Максимальные напряжения сосредоточены на месте дефекта, это связано с тем, что толщина стенки в этой области меньше, чем во всем трубопроводе, а давление по всей длине 4 МПа. Максимальное значение эквивалентных напряжений по Мизесу 316,454 МПа, по справочным данным, для стали 17Г2С временное сопротивление разрыву (предел прочности) 670 МПа [2, 3]. Следовательно, участок трубопровода с дефектом выдержит нагрузку с коэффициентом запаса прочности 2, 1.

Максимальное значение суммарных деформаций 0,82 мм. Так как, напряжения в зоне дефекта достаточно большие, то рекомендуется заменить этот участок трубопровода, ведь в дальнейшем это может привести к аварии. Диагностика трубопроводной системы и регулярный контроль предотвратят подобные случаи.

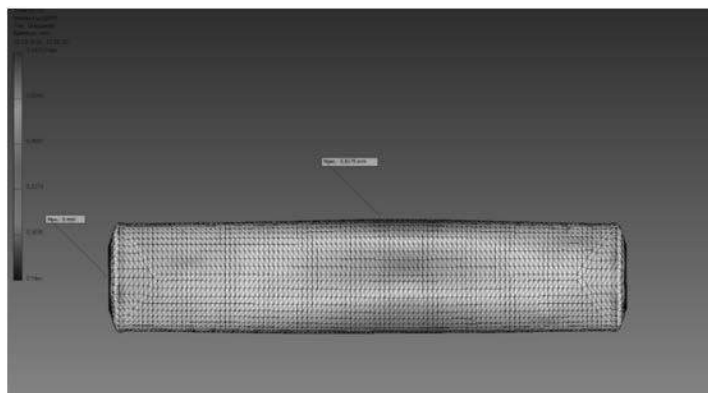


Рис. 3. Максимальное и минимальное значение деформации

Литература

1. Рудаченко А.В., Саруев А.Л. Исследования напряженно-деформированного состояния трубопроводов. – Издательство ТПУ, 2011. – 136 с.
2. СНиП 2.05.06-85* – «Магистральные трубопроводы».
3. Центральный металлический портал РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://metallichecky-portal.ru/marki_metallov/stk17G2S – сталь марки 17Г2С. Дата обращения: 17.02.2016.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В АППАРАТАХ ЭЛЕКТРООБЕЗВОЖИВАНИЯ И ОБЕССОЛИВАНИЯ НЕФТИ

В. В. Зайковский

Научный руководитель, профессор С. Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одним из основных процессов предварительной подготовки скважинной продукции является обессоливание нефти с помощью промывки водой, и последующее обезвоживание водонефтяной эмульсии.

Выделяют следующие методы обезвоживания нефти: гравитационное отстаивание, термическая обработка, химическая обработка, обработка электрическим полем. На производстве применяют комбинированные методы. Окончательное расслоение эмульсии, при этом происходит в аппаратах, реализующих принцип обработки электрическим полем – электродегидраторах [1].

В 2014 году Правительством Российской Федерации утверждена Государственная программа "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности", основной целью которой является создание конкурентоспособной промышленности, способной к интеграции в мировую технологическую среду [2]. В рамках исследования современных технологий подготовки и переработки природных ресурсов, является актуальной задача о сопоставлении отечественных и зарубежных технических решений в электродегидраторах.

В отечественной промышленности выделяют три принципиальных исполнения электродегидраторов: вертикальные, шаровые и горизонтальные. Вертикальные электродегидраторы, выпускаемые отечественной промышленностью под маркировкой ЭД-5, ЭДВ-20, ЭДВ-32, представляют собой сосуд цилиндрической формы с полусферическим днищем. Внутри сосуда на подвесных изоляторах закрепляются два горизонтальных электрода, собранных и концентрических колец [3, 4]. Подача сырья осуществляется непосредственно в межэлектродное пространство через распределительную головку. Основной особенностью вертикальных электродегидраторов является их малый номинальный объем - от 5 до 32 м³. Рабочее давление – до 1,3 МПа. Их применение экономически целесообразно при сравнительно небольшой производительности технологического процесса.

Шаровые электродегидраторы представляют собой сферические сосуды номинальным объемом до 600 м³. За счет значительного объема, в них размещается до трёх сырьевых вводов с тремя парами электродов. Однако, такие аппараты рассчитаны на работу при сравнительно низких давлениях – до 0,7 МПа. Шаровые электродегидраторы были спроектированы в СССР в 1950-х годах. Они эксплуатируются на ряде НПЗ России, однако в настоящий момент отечественной промышленностью не производятся.

Горизонтальные электродегидраторы представляют собой цилиндрические емкости с подвесной горизонтальной системой электродов, расположенной по всей площади аппарата. Они получили наибольшее распространение на современных технологических линиях. Преимуществами горизонтальных электродегидраторов являются наиболее высокое рабочее давление – до 1,6 МПа и широкий диапазон вариации объема аппарата, в зависимости от длины емкости. В настоящее время отечественная промышленность выпускает горизонтальные электродегидраторы под маркировкой ЭГ-63, ЭГ-100, ЭГ-160, ЭГ-200, номинальным объемом от 63 до 200 м³ [3, 4].

Процесс разделения эмульсии в аппарате с одновременной верхней и нижней подачей интенсифицируется за счет наличия в аппарате двух встречных потоков в зоне действия электрического поля. Сложная гидродинамическая структура потоков способствует увеличению числа столкновений между каплями воды, равномерно распределяет их вдоль межэлектродной области.

Для интенсификации процесса электрокоалесценции эмульсий ЗАО «НЕФТЕХ» рекомендует применять трехэлектродную систему с переменным расстоянием между электродами [5]. Такая конструкция обеспечивает большой объем охвата водонефтяной эмульсии электрическим полем, за счет электродных систем «электрод 1 – заземленный электрод», «заземленный электрод – электрод 2», «электрод 2 – заземленное зеркало отделившейся водной фазы». Расстояние между электродными системами предполагается увеличивать сверху вниз, для ступенчатого уменьшения напряженности электрического поля.

Ступенчатое уменьшение напряженности электрического поля по высоте аппарата позволяет снизить вероятность диспергирования крупных капель, расположенных ниже заземленного электрода.

За рубежом также сохраняется разделение электродегидраторов по ориентации емкости. Вместе с тем, конструктивное исполнение внутренней части импортных аппаратов обеспечивает более высокие параметры производительности, качества выходного продукта и безопасности работы.

В результате анализа современных импортных аппаратов для электрообезвоживания и обессоливания нефти, экспертным путем установлено, что наиболее высокотехнологичными из них можно назвать электродегидраторы маркировки VIEC, компания Hamworthy, и Dual Frequency, компании Natco.

Аппарат VIEC (Vessel Internal Electrostatic Coalescer) представляет собой емкость со встроенным блоком конденсаторных пластин [6]. Особенностью конструкции является индивидуальный подвод напряжения и управляющего сигнала к каждой пластине и тонкое изоляционное покрытие пластины. В сумме эти две конструктивные особенности позволяют безопасно эксплуатировать аппарат VIEC в условиях повышенной обводненности и загазованности скважинной продукции, поскольку, во-первых: поле в аппарате полностью регулируется по всему объему, во-вторых: изоляция предотвращает пробой электродов. Указанные преимущества позволяют использовать данный аппарат уже на первой ступени подготовки скважинной продукции, что потенциально может значительно снизить эксплуатационные расходы по транспортировке балластной воды до пунктов подготовки нефти.

Аппарат Dual Frequency также представляет собой горизонтальную емкость с особой конструкцией электродов [7]. Обработку эмульсии ведут двумя различными электродными системами «электрод переменного тока – зеркало воды» и батарейей систем «электрод постоянного тока – заземленный электрод». Совместное использование двух полей – переменного и постоянного, позволяет в полной мере задействовать эффекты электрофореза и диэлектрофореза. Также в данном аппарате реализована обработка электрическим полем различной частоты (от 0.2 до 1000 Гц), что, за счет повышенной частоты колебаний капель воды, способствует интенсификации электрокоалесценции.

Сопоставление отечественных и зарубежных технологий представлено в таблице.

Таблица

Параметр:	ЭДВ	ЭГ	ВИЕС	Dual Frequency
Конструктивная особенность	Одна горизонтальная электродная система	Несколько горизонтальных электродных систем	Батарея обособленных изолированных электродов по всему сечению аппарата	Две электродные системы, постоянное и переменное электрическое поле, различные частоты
Напряжение на электродах, кВ	27-44	27-44	5	30
Напряженность электрического поля, кВ/см	1-3	1-3	2	2 (постоянный ток), 0.4 (переменный ток)
Изоляция электродов	Отсутствует	Отсутствует	Внешнее покрытие	Композитный материал
Время обработки полем, сек	70-100	100-300	1-5	70-160
Электрофорез	Используется слабо	Используется слабо	Используется слабо	Используется
Диэлектрофорез	Используется	Используется	Используется	Используется
Максимальная объемная доля воды в эмульсии	50-70%	50-70%	100%	40%
Максимальная объемная доля газа в эмульсии	Не рассчитано на работу в газовой среде	Не рассчитано на работу в газовой среде	100%	Менее 7%

По результатам сопоставления можно сделать вывод о том, что отечественные электродегидраторы отличаются простотой конструкции, высоким напряжением электродов, отсутствием изоляции и ограничением на обработку эмульсий, содержащих газовую фазу. Импортные электродегидраторы отличаются использованием изолированных или композитных электродов, возможностью работы в высокообводенной, газосодержащей среде, автоматизированным регулированием напряженности поля по объему аппарата, использованием полей различной частоты.

Таким образом, для производства высокотехнологичных и конкурентоспособных аппаратов для электрообезвоживания и обессоливания водонефтяных эмульсий, а также для импортозамещения зарубежных аппаратов, необходимо проведение дополнительных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в части использования новых материалов электродов и конфигураций электрического поля.

Литература

1. John S. Eow, Mojtaba Ghadiri, Electrostatic enhancement of coalescence of water droplets in oil: a review of the technology, Chemical Engineering Journal, Volume 85, Issues 2–3, 28 January 2002, Pages 357-368.
2. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. N 328 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" [Электронный ресурс] // Правовой интернет-портал «Гарант». URL: Электронный ресурс <http://base.garant.ru/70643464/> (дата обращения: 01.02.2016).
3. Каталог оборудования ОАО «ВНИИНЕФТЕМАШ», [Электронный ресурс] // Официальный сайт ОАО «ВНИИНЕФТЕМАШ». URL: Электронный ресурс <http://www.vniineftemash.ru/> (дата обращения: 02.02.2016).
4. Каталог оборудования ООО «Курганхиммаш», [Электронный ресурс] // Официальный сайт торгового дома ООО «Курганхиммаш». URL: Электронный ресурс <http://www.td-khm.ru/ru/> (дата обращения: 02.02.2016).
5. Швецов В.Н., Юнусов А.А., Набиуллин М.И. Новые технические решения по усовершенствованию электродегидраторов для обезвоживания и обессоливания нефти, Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса, Выпуск 5, 2012 год, стр. 48-54.
6. Mhatre S., Vivacqua V., Ghadiri M., Abdullah A.M., Al-Marri M.J., Hassanpour A., Hewakandamby B., Azzopardi B., Kermani B. Electrostatic phase separation: A review, Chemical Engineering Research and Design, Volume 96, April 2015, Pages 177-195.
7. Simone Less, Regis Vilagines, The electrocoalescers' technology: Advances, strengths and limitations for crude oil separation, Journal of Petroleum Science and Engineering, Volume 81, January 2012, Pages 57-63.