

Температура катализатора, в ходе опыта поддерживалась в значениях от 280 до 285 °С. Расход CO и H<sub>2</sub> составил 100 и 200 мл/мин соответственно. Продолжительность опыта составила 93 часа 35 минут. Масса смеси жидких углеводородов, полученной в ходе опыта, составила 105,4323 г.

Анализ жидких продуктов синтеза, исследованных методов капиллярной газовой хроматографии, приведён в таблицах 1 и 2:

Таблица 1

**Содержание веществ в полученной смеси (% масс.)**

Группа	Парафины	Изопарафины	Ароматика	Нафтены	Олефины	Оксигенаты	Итого
1	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017
2	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004
3	0,234	0,000	0,000	0,000	0,022	0,026	0,282
4	0,966	0,047	0,000	0,000	0,502	0,002	1,517
5	2,583	0,367	0,000	0,019	1,388	0,000	4,357
6	5,082	1,343	0,114	0,135	3,433	0,001	10,108
7	7,815	1,914	0,561	0,317	4,093	0,000	14,700
8	9,435	4,883	1,012	2,057	1,399	0,000	18,787
9	8,327	6,449	1,533	1,318	1,641	0,000	19,267
10	6,600	2,098	1,147	0,352	0,515	0,000	10,712
11	5,167	0,000	2,159	0,017	0,000	0,000	7,344
12	0,315	0,280	3,981	0,000	0,000	0,000	4,575
13	0,279	0,261	0,000	0,000	0,000	0,000	0,540
14	4,255	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,255
15	3,536	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,536
Итого	54,610	17,641	10,508	4,216	12,992	0,033	100,000

Таблица 2

**Фракционный состав**

Отгон, %	0,5	20	40	60	80	99,5
Температура, °С	39,334	92,767	115,609	137,383	171,150	279,283

На основании проведенных исследований, можно сделать следующие выводы: синтез протекал без видимых режимных отклонений, амплитуды колебаний температур и давления в ходе синтеза были невелики и никакого видимого отклонения, внести в результат не могли.

Жидкий продукт синтеза представляет собой сложную смесь углеводородов различного строения, с количеством атомов углерода от 5 до 14. В смеси преобладают углеводороды парафинового строения (около 54 масс %). Исходя из фракционного и компонентного состава продуктов, можно сделать вывод о невозможности прямого применения продукта в качестве моторного топлива (расчетное октановое число составляет около 60 пунктов). Полученный продукт необходимо подвергать дальнейшей переработке. Дальнейшие направления работы будут связаны с изменением режима протекания синтеза и методом подготовки катализатора к загрузке для улучшения качества продукта.

## Литература

1. E.V. Popok, A.I. Levashova, N.P. Burlutskiy, D.V. Khudyakov, S.P. Zhuravkov Ultradispersed electro-explosive iron powders as catalysts for synthesis of liquid hydrocarbons of CO and H<sub>2</sub> Procedia Chemistry 15 ( 2015 ) 225 – 230

## 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, интегрированной в мировую технологическую среду [2]. В рамках

исследования современных технологий подготовки и переработки природных ресурсов, является актуальной задачей сопоставления отечественных и зарубежных технических решений в электродегидраторах.

В отечественной промышленности выделяют три принципиальных исполнения электродегидраторов: вертикальные, шаровые и горизонтальные. Вертикальные электродегидраторы, выпускаемые в России под маркировкой ЭД-5, ЭДВ-20, ЭДВ-32, представляют собой сосуд цилиндрической формы с полусферическим дном. 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 м<sup>3</sup>. 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 м<sup>3</sup>. 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 м<sup>3</sup> [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 батарей 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.

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 высокообводненной, газосодержащей среде, автоматизированным регулированием напряженности поля по объему аппарата, использованием полей различной частоты.

*Таблица 1*

*Сопоставление отечественных и зарубежных технологий*

Параметр:	ЭДВ	ЭГ	VIЕС	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%

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. S. Mhatre, V. Vivacqua, M. Ghadiri, A.M. Abdullah, M.J. Al-Marri, A. Hassanpour, B. Hewakandamby, B. Azzopardi, B. Kermani, 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.

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ОБЕЗВОЖИВАНИЯ И  
ОБЕССОЛИВАНИЯ НЕФТИ**

**К. В. Золотухина**

Научный руководитель, доцент О. Е. Мойзес

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В процессе эксплуатации нефтяных месторождений неизбежными спутниками нефти является газ, выделяющийся из нефти по мере снижения давления, и пластовая вода. Пластовая вода – это полярная жидкость, которая по своей природе неоднородна с нефтью – углеводородной неполярной жидкостью, поэтому нефть и вода взаимно нерастворимы и образуют две фазы в жидкой продукции скважин, между которыми имеется поверхность раздела. Интенсивное перемешивание нефти и пластовой воды в процессе добычи и движение её