

ПАО «ТАТНЕФТЬ»

**Сборник докладов
научно-технической
конференции,
посвященной
60-летию ТатНИПИнефть
ПАО «Татнефть»**

Набережные Челны
ООО «Экспозиция Нефть Газ»
2016

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПРИМЕНИМОСТИ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ

В.Н. Швецов, А.А. Юнусов (ЗАО «Нефтех»),
Р.А. Ахсанов (ООО «Аккорд А»)

Проблемы, возникающие в нефтяной промышленности в связи с падением цен на нефть, предъявляют более высокие требования к снижению себестоимости процессов добычи и подготовки нефти. Снижения себестоимости подготовки нефти можно достичь повышением эффективности применяемых технологических аппаратов, уменьшением их количества и технологических затрат.

Существующее сегодня на большинстве УПН оборудование для подготовки нефти (отстойники, сепараторы, электродегидраторы (далее ЭДГ) в большей степени устаревшее и неэффективное, что порождает его избыточность как по количеству аппаратов, так и по объему. Например, производительность современных зарубежных ЭДГ до трех раз превышает производительность отечественных ЭДГ с источниками питания ИПМ 25/15. Это же является причиной избыточного нагрева нефти и расхода химических реагентов.

Анализ зависимости скорости седиментации капель водной фазы в нефти показывает, что наиболее эффективным фактором, интенсифицирующим процесс отстоя воды, является увеличение размеров водяных капель, поскольку скорость отстоя капель возрастает квадратично при росте их размеров.

Единственным эффективным способом увеличения размеров капель воды в нефти является их электрокоалесценция в электрическом поле (ЭП). В ЭП капли воды в нефти поляризуются и между каплями возникают силы диполь-дипольного притяжения, приводящие к их сближению и коалесценции. Сила диполь-дипольного притяжения капель возрастает пропорционально квадрату напряженности ЭП.

Напряженность ЭП между электродами является важнейшим технологическим параметром, влияющим на эффективность работы ЭДГ. Как показывают результаты лабораторных и промысловых исследований, проведенных нами и специалистами института «ТатНИПИнефть», напряженность ЭП между электродами ЭДГ должна достигать значения до 2 кВ/см. Однако увеличение напряженности ЭП ограничено соотношением [1]

$$E_{opt} \leq E_{кр} \cong A \sqrt{\frac{\sigma}{\varepsilon \cdot r}}, \quad (1)$$

где $E_{кр}$ – напряженность ЭП, диспергирующего каплю воды данного радиуса; A – константа для данной эмульсии; σ – коэффициент межфазного натяжения в отсутствие внешнего ЭП; ε – диэлектрическая проницаемость нефти; r – радиус капли воды.

Превышение напряженности ЭП выше оптимального значения приводит к электрическому диспергированию капель воды на мельчайшие капельки; если же напряженность ЭП ниже оптимальной, вероятность коалесценции многократно снижается вследствие ослабления электрического взаимодействия.

Несогласованность конфигурации ЭП и режима электрообработки эмульсии (1) с динамикой одновременно протекающих процессов коалесценции и увеличения размеров капель воды в межэлектродном пространстве, их гравитационной седиментации является одним из основных концептуальных недостатков традиционных ЭДГ.

Результаты экспериментов, приведенные на рис. 1, показывают, что увеличение времени обработки втрое без изменения напряженности ЭП, что имеет место в традиционных ЭДГ, не приносит успеха. Последнее объясняется вторичным диспергированием укрупнившихся капель. В то же время правильное изменение электрических и технологических параметров в процессе электрообработки, а именно уменьшение напряженности ЭП при увеличении радиуса капель, может до четырех раз повысить эффективность процесса.

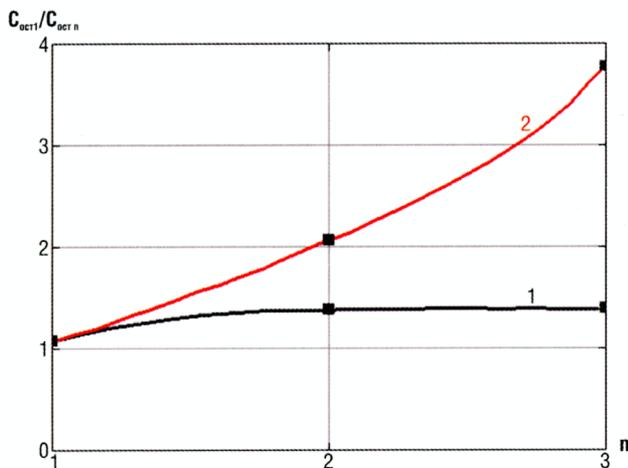


Рис. 1. Зависимость качества деэмульсации нефти от этапов электрообработки n : без (1) и с (2) предлагаемыми изменениями электрических и технологических параметров процесса

Существующие ЭДГ старого типа обладают также рядом конструктивных и технологических недостатков, серьезно ограничивающих их эффективность, экономичность и надежность [2]. К основным недостаткам можно отнести низкую степень охвата обрабатываемой нефти ЭП, несовершенство коллекторных систем, отсутствие возможности вывода промежуточного слоя и размыва донного осадка и отсутствие системы автоматизации.

Чрезвычайно важным фактором, влияющим на эффективность, надежность и безопасность эксплуатации ЭДГ, являются характеристики применяемых высоковольтных источников питания (ВИП).

Применяемые на ЭДГ «старого типа» ВИП ИПМ 25/15 обладают рядом существенных недостатков, таких как низкая мощность (25 кВА); качество изготовления; импульсный характер выходного напряжения; ненадежность узлов ввода высокого напряжения и низкое максимальное выходное напряжение (15 кВ), а по факту менее 7 кВ.

Для создания необходимых напряженностей ЭП до 2 кВ/см с учетом реальных токовой нагрузки и межэлектродных расстояний ЭДГ должны комплектоваться высоковольтными источниками питания с выходным напряжением до 25 кВ и обладать достаточной мощностью (100–150 кВА), чтобы обеспечить поддержание достаточного напряжения на электродах.

С целью устранения перечисленных недостатков, повышения эффективности, надежности и безопасности эксплуатации ЭДГ было предложено применить в ЭДГ трехрядную электродную систему с неодинаковым расстоянием между парами электродов. За счет этого в несколько раз увеличивается объем охвата водонефтяной эмульсии ЭП и, соответственно, ее время нахождения в ЭП (рис. 2). Уменьшение расстояния между верхней парой электродов по сравнению с нижней позволяет создать систему с увеличивающейся напряженностью

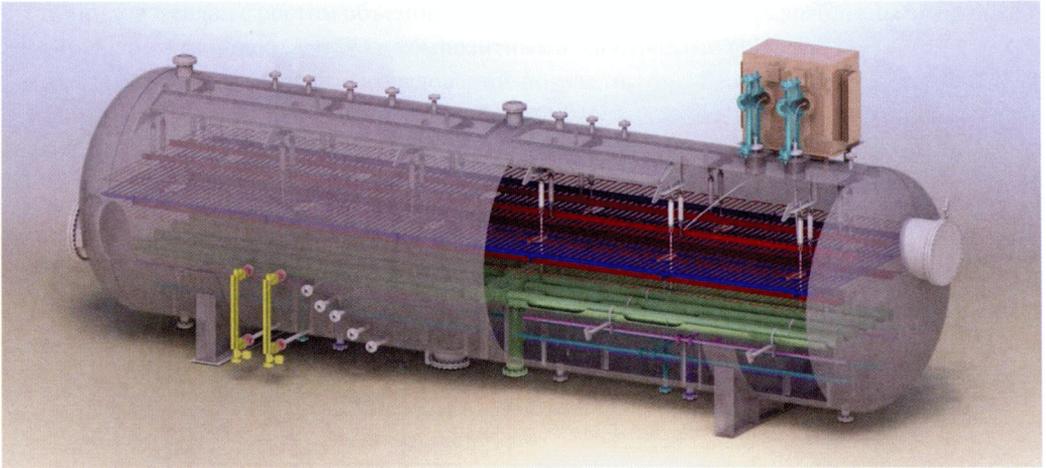


Рис. 2. Трехэлектродный дегидратор

ЭП в направлении движения эмульсии с уменьшающимися размерами и концентрацией капель в верх аппарата и, соответственно, с уменьшающейся напряженностью ЭП в направлении движения увеличивающихся в размерах и количестве капель в низ аппарата. Такое согласование динамики процессов коалесценции и отстоя в ЭП трехрядной электродной системы ЭДГ позволяет в 2–3 раза повысить эффективность его работы и глубину обезвоживания и обессоливания нефти. Также было предложено устанавливать в ЭДГ современную коллекторную систему из 5 элементов, обеспечивающую ламинарное движение водонефтяной эмульсии в аппарате, равномерный вывод из аппарата очищенной нефти и подтоварной воды, отдельный вывод межфазного слоя в случае его образования, размыв и удаление нефтешламowych донных осадков без остановки аппарата.

Новые ЭДГ предложено комплектовать современными и надежными ВИП NWL OILPRC, специально разработанными и запатентованными для применения в нефтяной промышленности. Данные ВИП обладают следующими преимуществами: выпускаются в модификациях с мощностью 25; 37,5; 50; 75; 100; 150; 200 и 250 кВА, что позволяет ограничиться одним ВИП на ЭДГ, оптимизировать его конструкцию и снизить стоимость; обладают 100%-ной реактивностью и не критичны к перегрузкам при коротких замыканиях электродов; не требуют дополнительных блоков управления трансформатором; обеспечивают возможность выбора значений выходного напряжения в широком диапазоне (12; 16,5; 20; 23; 25 кВ АС); снабжены всеми необходимыми средствами для контроля температуры, уровня и давления масла.



Рис. 3. Внешний вид взрывозащищенного гибкого УВВН с высоковольтным источником питания NWL OILPRC с преобразователем фаз (3:2) по схеме Скотта

Несогласованность конфигурации ЭП и режима электрообработки эмульсии (1) с динамикой одновременно протекающих процессов коалесценции и увеличения размеров капель воды в межэлектродном пространстве, их гравитационной седиментации является одним из основных концептуальных недостатков традиционных ЭДГ.

Результаты экспериментов, приведенные на рис. 1, показывают, что увеличение времени обработки втрое без изменения напряженности ЭП, что имеет место в традиционных ЭДГ, не приносит успеха. Последнее объясняется вторичным диспергированием укрупнившихся капель. В то же время правильное изменение электрических и технологических параметров в процессе электрообработки, а именно уменьшение напряженности ЭП при увеличении радиуса капель, может до четырех раз повысить эффективность процесса.

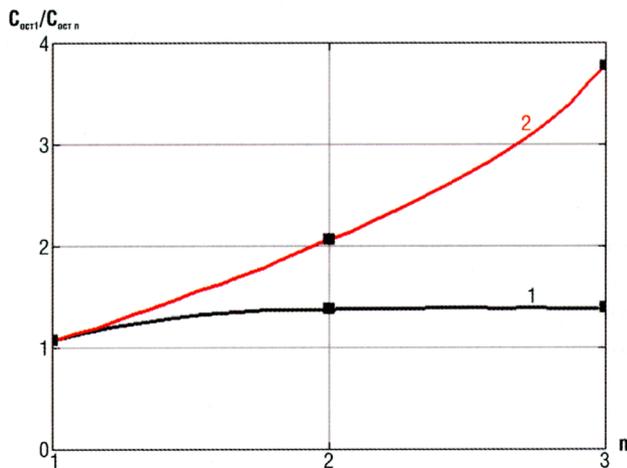


Рис. 1. Зависимость качества деэмульсации нефти от этапов электрообработки n : без (1) и с (2) предлагаемыми изменениями электрических и технологических параметров процесса

Существующие ЭДГ старого типа обладают также рядом конструктивных и технологических недостатков, серьезно ограничивающих их эффективность, экономичность и надежность [2]. К основным недостаткам можно отнести низкую степень охвата обрабатываемой нефти ЭП, несовершенство коллекторных систем, отсутствие возможности вывода промежуточного слоя и размыва донного осадка и отсутствие системы автоматизации.

Чрезвычайно важным фактором, влияющим на эффективность, надежность и безопасность эксплуатации ЭДГ, являются характеристики применяемых высоковольтных источников питания (ВИП).

Применяемые на ЭДГ «старого типа» ВИП ИПМ 25/15 обладают рядом существенных недостатков, таких как низкая мощность (25 кВА); качество изготовления; импульсный характер выходного напряжения; ненадежность узлов ввода высокого напряжения и низкое максимальное выходное напряжение (15 кВ), а по факту менее 7 кВ.

Для создания необходимых напряженностей ЭП до 2 кВ/см с учетом реальных токовой нагрузки и межэлектродных расстояний ЭДГ должны комплектоваться высоковольтными источниками питания с выходным напряжением до 25 кВ и обладать достаточной мощностью (100–150 кВА), чтобы обеспечить поддержание достаточного напряжения на электродах.

С целью устранения перечисленных недостатков, повышения эффективности, надежности и безопасности эксплуатации ЭДГ было предложено применить в ЭДГ трехрядную электродную систему с неодинаковым расстоянием между парами электродов. За счет этого в несколько раз увеличивается объем охвата водонефтяной эмульсии ЭП и, соответственно, ее время нахождения в ЭП (рис. 2). Уменьшение расстояния между верхней парой электродов по сравнению с нижней позволяет создать систему с увеличивающейся напряженностью

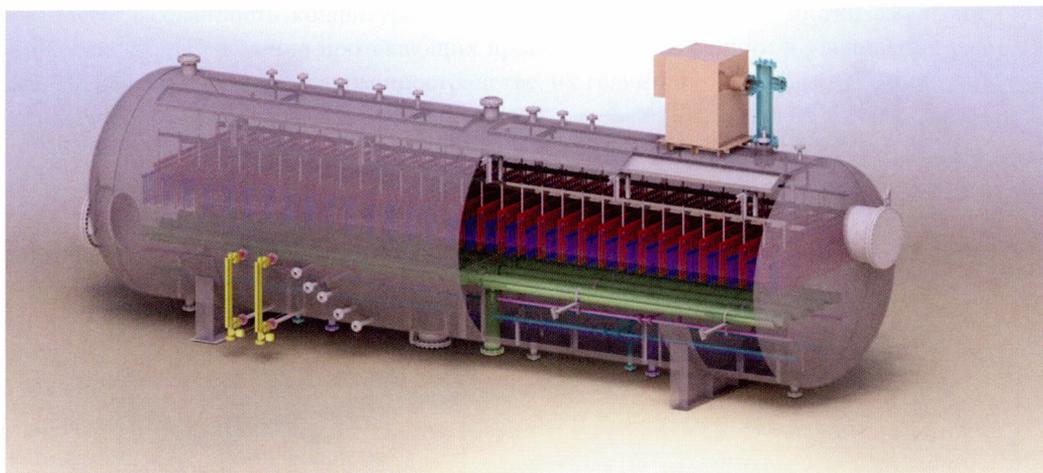


Рис. 4. Общий вид электродегидратора с композитными резистивными электродами

Для обеспечения взрывозащищенного ввода высокого напряжения в ЭДГ предлагается использовать гибкие и стационарные маслonaполненные узлы ввода высокого напряжения (УВВН) (рис. 3). На УВВН расположены все необходимые средства для сигнализатора и для визуального контроля уровня масла, клапана сброса избыточного давления, манометра, слива и налива масла.

В ЗАО «Нефтех» освоен процесс разработки и изготовления оборудования систем автоматизации ЭДГ в составе локальной панели управления (ЛПУ) и локальной системы автоматизации (ЛСА). Данные системы позволяют полностью автоматизировать работу ЭДГ.

ЭДГ с трехрядной электродной системой с высоковольтным источником питания NWL OILPRC с разветвленной коллекторной системой в совокупности своих конструкторских элементов, комплектации и автоматизации не уступает лучшим зарубежным аналогам.

Тем не менее даже в этом современном аппарате не устранен основной недостаток ЭДГ, связанный с металлическими электродами – межэлектродные пробойи, приводящие к коротким замыканиям. Механизм этого явления хорошо известен и обусловлен действием диэлектрофоретических сил, выстраивающих проводящие цепочки из капель воды между электродами.

Для повышения надежности и эффективности процесса электродеэмульсации нефти и устранения коротких замыканий спроектирован ЭДГ с инновационными композитными резистивными электродами, разработанными в ЗАО «Нефтех» (рис. 4) [3].

Для использования преимуществ электродеэмульсации нефти на объектах, где нет средств для дополнительного приобретения или места для размещения новых ЭДГ или

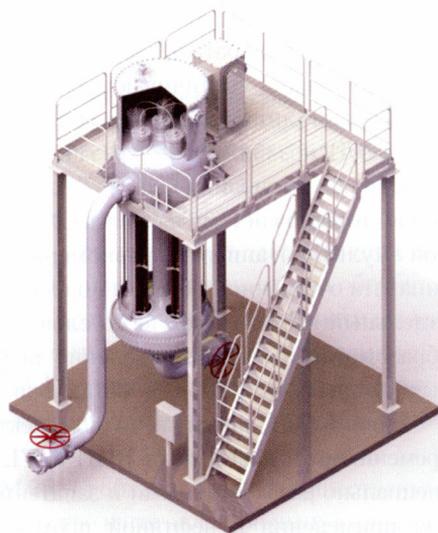


Рис. 5. Внешний вид ЭКУ

нефти до 30 и более процентов и реализовать в электродной зоне аппаратов обоих типов оптимальную конфигурацию ЭП и режим электрообработки водонефтяной эмульсии, что повышает их производительность до трех и более объемов в час.

Использование ЭКУ с композитными электродами перед имеющимися отстойными аппаратами позволяет за счет разрушения эмульсий и укрупнения капель воды в ЭКУ значительно повысить производительность отстойников и тем самым решить проблемы, связанные с увеличением объемов и обводненности нефти без приобретения дополнительных и дорогостоящих отстойных мощностей.

ЭДГ и ЭКУ с инновационными композитными резистивными электродами позволяют значительно оптимизировать традиционные технологические схемы процессов подготовки нефти на ДНС и УПН, сократить количество технологических аппаратов, теплоэнергозатраты и, таким образом, снизить себестоимость подготовки нефти.

Список литературы

1. Панченков Г.М., Цабек Л.К. Поведение эмульсий во внешнем электрическом поле. – М.: Химия, 1969. – 190 с.
2. 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. – 2012. – № 5. – С. 48–54.
3. Патент РФ №99341 «Электродегидратор». / В.Н. Швецов, А.А. Юнусов. Зарегистр. в Гос. реестре полезных моделей РФ 20.11.2010 г.
4. Патент РФ №156667 «Электрокоалесцирующая установка». / А.А. Юнусов, В.Н. Швецов. Зарегистр. в Гос. реестре полезных моделей РФ 19.10.2015 г.