

АППАРАТ ОЧИСТКИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ С ЦЕЛЬЮ ЗАВОДНЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ПЛАСТОВ

Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Хисамеева Л.Р., Шешегова И.Г.

Аппарат относится к гидродинамической очистке нефтепромысловых сточных вод с использованием закрученных потоков для целей заводнения нефтяных пластов.

Аппарат содержит гидроциклон, цилиндрические камеры на сливах верхнего и нижнего сливов гидроциклона, отстойник с перегородками, делящими его на рабочую и буферную секции. В верхней части рабочей секции расположены распределительные устройства для воды из верхнего и нижнего сливов гидроциклона, патрубки для отвода нефти, очищенной воды и осадка. Аппарат снабжен коалесцирующим гидродинамическим крупнозернистым гидрофобным фильтром, расположенным между перегородками.

Высокий эффект очистки достигается за счет использования энергии закрученного потока в гидроциклоне и на сливах его, а также за счет гидродинамической обработки нефтепромысловых сточных вод в насадке.

Исследованиями созданы устройства и технология очистки нефтесодержащих (нефтепромысловых) сточных вод (НСВ), которые предусматривают разрушение адсорбционной бронирующей оболочки на каплях нефти, укрупнение (коалесценция) капель нефти и уменьшение полидисперсности капель нефти за счет гидродинамической обработки исходной НСВ в гидроциклонах, гидроциклонах каплеобразователях, крупнозернистых саморегенерирующих коалесцирующих фильтрах (насадках), закрученных потоках. Технология реализована в установках (устройствах) очистки НСВ по схемам: гидроциклон – отстойник, гидроциклон – насадка – отстойник, струйный каплеобразователь – отстойник, гидроциклон - цилиндрические камеры закрученного потока - насадка - отстойник (БГКО) [1-8].

Высокий и стабильный эффект очистки НСВ за счет гидродинамической обработки ее в закрученном потоке осуществляется последовательно во всех областях закрученного течения: расширения закрученного течения, стабильного

закрученного течения и затухания закрученного течения, переходного осевого потенциального течения, тороидальных зонах обратных токов, рециркуляционных зонах. При этом энергия потока используется для наиболее полной реализации всех стадий механизма разрушения нефтяной эмульсии (НСВ).

В настоящее время исследованиями [1-8]:

- научно обоснованы и определены перспективные направления исследований и разработки новых аппаратов (установок) очистки НСВ с использованием закрученных потоков;
- построена физическая модель закрученного течения, установлены основные закономерности и дана качественная оценка распределения закрученных потоков в цилиндрических камерах сливов гидроциклона;
- разработаны технологические и структурные схемы аппаратов (устройств) включающие в единый блок: гидроциклон - цилиндрические камеры нижнего и верхнего сливов гидроциклона - отстойник (БГКО);
- разработаны и экспериментально апробированы математические модели гидродинамики и процесса коалесценции капель нефти в закрученных потоках цилиндрических камер сливов гидроциклона и БГКО;
- созданы экспериментальная и опытно-промышленная установка (устройство) типа БГКО для очистки НСВ, а также гидродинамический центробежный каплеобразователь типа ГКС на основе применения закрученного потока по схеме: гидроциклон - камера сливов;
- проведена патентная защита разработок;
- освоен и осуществлен выпуск опытно-промышленного комплекта каплеобразователя типа ГКС-75 (гидроциклон - камеры сливов; диаметр гидроциклона 75 мм);
- осуществлено внедрение опытно-промышленной установки типа БГКО в Казанском государственном архитектурно-строительном университете.

Для очистки НСВ с целью заводнения нефтяных пластов для объектов ОАО «Татнефть» разработан аппарат типа БГКО-900 (рис. 1).

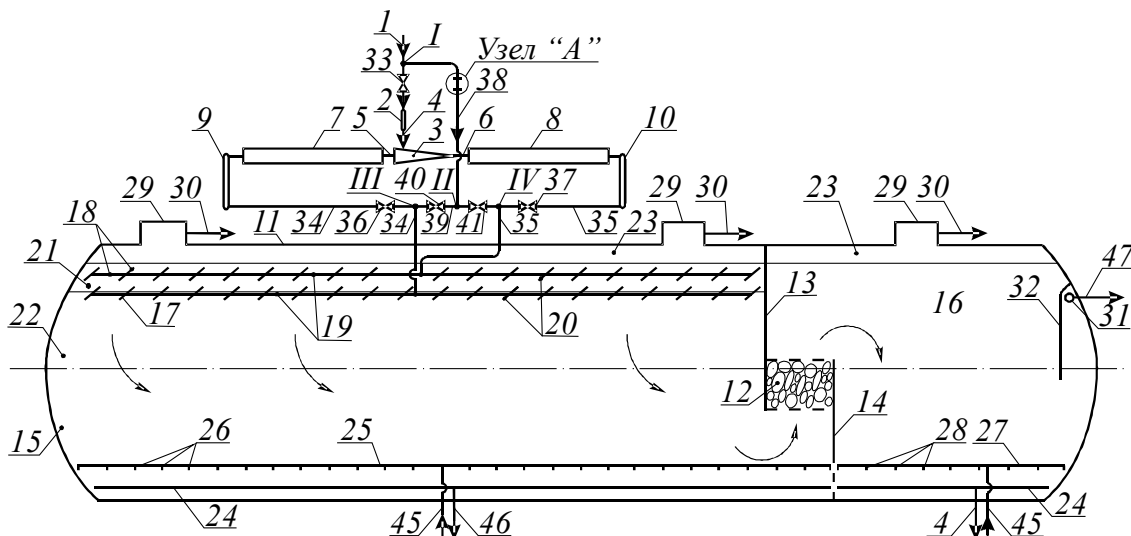


Рисунок 1

Аппарат работает следующим образом. НСВ, содержащая плавающую и эмульгированную нефть и механические примеси по трубопроводу 1 под напором подается через напорное трубчатое распределительное кольцо 2, в гидроциклоны 3. В гидроциклонах 3 осуществляется гидродинамическая обработка НСВ в поле центробежных, массовых, а также поверхностных сил, в результате чего разрушаются бронирующие оболочки на частицах (каплях, глобулах) нефти и агрегаты из механических примесей, происходит укрупнение капель нефти, увеличивается монодисперсность внутренней нефтяной фазы НСВ, а также происходит разделение НСВ на два потока эмульсии: поток из верхних сливов 5 гидроциклонов 3 поступает в цилиндрические камеры 7, а поток из нижних сливов 6 в цилиндрические камеры 8. Потoki эмульсии поступают в цилиндрические камеры 7 и 8 в виде закрученных струй, при этом увеличивается время гидродинамической обработки эмульсии в закрученном поле массовых, а также поверхностных сил, энергия которых используется для наиболее полной реализации всех стадий механизма разрушения НСВ: деформация и разрушение бронирующих оболочек на глобулах нефти; сближение, столкновение, слияние и укрупнение (коалесценция) капель; концентрация, осаждение капель; выделение дисперсной фазы в виде сплошной фазы – расслоение, разделение эмульсии (НСВ) на нефть и воду и, как следствие, повышается эффективность очистки НСВ. Далее из цилиндрических камер 7 поток эмульсии поступает в напорное

трубчатое сборное кольцо 9, а далее по трубопроводу 34 в распределитель 17, и из него в виде равномерно распределенного потока в слой высококонцентрированной по нефти эмульсии (в зону турбулентного перемешивания 21), где происходит интенсивная коалесценция капель нефти, переход укрупнившихся капель нефти в слой уловленной нефти 23, контактная очистка НСВ от нефти. Поток эмульсии из цилиндрических камер 8 поступает в напорное трубчатое сборное кольцо 10 и далее по трубопроводу 35 в распределитель 18, а из него в виде равномерно распределенного потока непосредственно к нижней поверхности слоя нефти, т.е. в зону турбулентного перемешивания 21. Потоки, выходящие из распределителей 17 и 18, состоящих из коллекторов 19 с ответвлениями 20 интенсивно перемешиваются в слоях высококонцентрированной по нефти 21 и нефти 23, что также повышает эффективность контактной очистки НСВ. При этом в слое высококонцентрированной эмульсии 21 в режиме турбулентного перемешивания происходит интенсивная коалесценция нефтяных капель, переход их в слой уловленной нефти 23. Уловленная нефть по мере накопления отводится через нефтесборники 29 и патрубки 30.

Мелкодисперсные частицы нефти, вынесенные потоком воды транспортной зоны 22 из рабочей секции 15 (секция предварительного отстаивания), укрупняются в слое коалесцирующей загрузки 12, расположенной между перегородками 13 и 14, всплывают и накапливаются в верхней части в буферной секции 16 (секция дополнительного отстаивания), а далее удаляются через нефтесборник 29 и патрубок 30.

Очищенная вода удаляется из буферной секции 16 через коллектор 31, отбойник 32 и патрубок 47.

Для удаления накопленного осадка со дна отстойника 11 в напорные системы смыва 25 и 27 по трубопроводам 45 под напором вода, которая вытекая из сопел 26 и 28, смывает осадок к сборной дырчатой системе 24, далее смытый осадок по трубопроводам 46 отводится в осадконакопитель.

Для проведения ремонта, профилактики, ликвидации аварий, замены отдельных элементов, узлов в батарее гидроциклонов 3, цилиндрических камер 7 и 8, распределительных 2 и сборных 9 и 10 напорных колец и т.д. и закрывают

завдвижки 33, 36, 37, открывают задвижки 40 и 41. Для увеличения времени и интенсивности гидродинамической обработки исходной НСВ обводной трубопровод 38 может быть снабжен закручивающим устройством любого типа, например, в виде закручивающего сужающегося винтового канала. Это способствует увеличению дальнобойности закрученного потока, увеличению времени гидродинамической обработки НСВ в объеме закрученного потока и как следствие, ослаблению, разрушению бронирующих оболочек нефтяных глобул, их сближению, увеличению частоты столкновения и коалесценцию.

При этом часть исходной НСВ по обводному трубопроводу 38, трубопроводу-перемычке 39, трубопроводу 34 через открытую задвижку 40 поступает в распределитель 17 и из него в виде равномерно распределенного потока в слой высококонцентрированной по нефти эмульсии (т.е. в зону турбулентного перемешивания 21), где происходит коалесценция капель нефти, переход укрупнившихся капель нефти в слой уловленной нефти 23 и контактная очистка НСВ от нефти.

Другая часть исходной НСВ по трубопроводу-перемычке 39 через открытую задвижку 41 по трубопроводу 35 поступает в распределитель 18, а из него в виде равномерно распределенного потока непосредственно к нижней поверхности слоя нефти 23, т.е. в зону турбулентного перемешивания 21. Поток, выходящие из распределителя 17 и 18, интенсивно перемешиваются в слоях высококонцентрированной по нефти 21 и нефти 23, что повышает эффективность контактной очистки НСВ. При этом в слое высококонцентрированной эмульсии 21, в режиме турбулентного перемешивания, происходит интенсивная коалесценция нефтяных капель, переход их в слой уловленной нефти 23. Дальнейшая очистка НСВ, удаление очищенной воды, уловленной нефти и осадка происходят аналогично выше описанному.

Таким образом, в указанных выше режимах, при проведении монтажно-профилактических мероприятий, аварийных отключений батареи гидроциклонов 3, камер 7 и 8, распределительных 2 и сборных колец 9 и 10 и т.д., работа устройства не прекращается.

Для возврата устройства в нормальный проектный режим работы открываются задвижки 33, 36 и 37 и закрываются задвижки 40 и 41 и устройство вновь начинает работать по выше описанной схеме.

Достоинствами данного устройства являются высокая надежность, высокий эффект очистки и высокая удельная производительность; комплексная гидродинамическая обработка НСВ, совмещенная с интенсивной контактной очисткой; равномерное распределение потока очищаемой НСВ, равномерный сбор очищенной воды и осадка; гидродинамическое разрушение промежуточного слоя и исключение формирования этого слоя, достаточно полное и быстрое удаление осадка при полном исключении ручного труда и простоя установки для очистки, возможность удаления осадка в любое время года; возможность проведения ремонтно-профилактических и аварийных работ без прекращения работы устройства; улучшение условий эксплуатации устройства очистки НСВ; компактность устройства и высокоиндустриальность его в изготовлении (блок полного заводского изготовления) и монтаже.

Производительность промышленного образца аппарата БГКО-900 составляет 900 м³/сут (до 1000 м³/сут); давление на входе в гидроциклоны 0,35, 0,4 МПа; содержание нефтепродуктов в исходной НСВ до 1000 мг/л, в очищенной - 60 мг/л; мехпримесей соответственно до 200 мг/л и 50 мг/л, что соответствует нормативам к качеству вод, закачиваемых в нефтяные пласты.

Выполнены гидравлические и технологические расчеты, конструкторская документация аппарата БГКО-900.

Разработка аппарата БГКО-900 производилась на базе стандартной стальной напорной горизонтальной цилиндрической емкости (отстойник) объемом 100 м³, диаметром 3000 мм, длиной 14560 мм. Отстойник разделен перегородками на две секции: секция предварительного отстаивания и секция дополнительного отстаивания.

В состав БГКО входят шесть напорных двухпродуктовых цилиндрических гидроциклонов и двенадцать цилиндрических камер сливов гидроциклонов.

Гидроциклоны и цилиндрические камеры сливов гидроциклонов приняты согласно рекомендациям [1-4]:

- гидроциклоны диаметром 75 мм, диаметр входного патрубка $d_{вх} = 15$ мм, диаметр верхнего слива $d_{в.сл.} = 20$ мм, диаметр нижнего слива $d_{н.сл.} = 26$ мм, угол конусности $\alpha = 5^\circ$, высота цилиндрической части $H_{ц} = 18$ мм, глубина погружения патрубка верхнего слива $h_{п} = 48$ мм. Производительность гидроциклона $q_{гц} \gg 2$ л/с, расход нижнего слива $q_{н.сл.} = 1,1$ л/с, верхнего слива $q_{в.сл.} = 0,9$ л/с при давлении на входе в гидроциклон $P_{вх} = 0,4$ МПа и противодавлении на сливах $P_{п} \gg 0,2$ МПа;

- цилиндрические камеры сливов гидроциклонов: верхнего слива – диаметром 100 мм, длиной 2000 мм, нижнего слива – диаметром 100 мм, длиной 2000 мм.

Для равномерного распределения исходной НСВ по гидроциклонам и равномерного сбора воды из камер нижнего и верхнего сливов гидроциклонов предусмотрены напорные трубчатые кольца из стальных труб диаметром 100 мм на входе гидроциклонов и на выходе камер сливов.

Отстойник БГКО-900 снабжен трубчатыми распределителями нижнего и верхнего сливов гидроциклонов, которые представляют собой коллектора с двухсторонними ответвлениями из стальных труб, на которых с верхней стороны располагаются отверстия диаметром 10 мм в шахматном порядке под углом 45° к вертикальной оси распределителя, при этом распределитель нижнего слива расположен над распределителем верхнего слива.

Конструкцией БГКО-900 предусмотрены возможности: изменения высоты расположения распределительных систем исходной НСВ; отключения батареи гидроциклонов с камерами сливов; подачи исходной НСВ в отстойник через распределители, минуя гидроциклоны и камеры сливов.

Для повышения эффекта очистки в составе БГКО-900 предусмотрена возможность применения коалесцирующего фильтра (насадки) из крупнозернистой гидрофобной загрузки работающей в режиме саморегенерации. В качестве загрузки насадки принят полиэтилен фракции 3-5 мм, высотой 0,8 м; скорость фильтрации $\gg 18-20$ м/ч [1,2].

Для сбора и удаления очищенной воды буферная секция БГКО-900 снабжена сборным трубчатым коллектором из стальных труб и отбойником.

Для удаления нефтешлама (осадка) со дна отстойника БГКО-900 в обеих секциях отстойника предусмотрена комбинированные гидравлические трубчатые напорные системы смыва, напорные трубчатые системы сбора и удаления осадка. Принятая система удаления осадка позволяет исключить ручной труд, удалить осадок в любое время года без отключения аппарата (установки) из работы, ликвидировать простой его, автоматизировать процесс удаления, улучшить качество очистки воды и условия труда.

Уловленная нефть накапливается в верхней зоне отстойника и удаляется через нефтесборники рабочей и буферной секции отстойника.

В зависимости от исходных требований заказчика конструкция аппарата БГКО-900 позволяет реализовать его также по схеме «гидроциклон - камеры сливов - отстойник», исключить коалесцирующую насадку и комбинированную систему удаления осадка, заменив последнее на ручное удаление осадка.

Литература

1. Адельшин А.Б. Интенсификация процессов гидродинамической очистки нефтесодержащих сточных вод / диссертация докт. техн. наук. – Санкт-Петербург, 1998. – 73с.
2. Адельшин А.Б., Бусарев А.В., Потехин Н.И., Селюгин А.С., Адельшин А.А. К проблеме интенсификации процессов гидродинамической очистки нефтесодержащих сточных вод. – Казань: Известия КГАСА, 2003, №1. – с.91-96.
3. Адельшин А.А. К вопросу исследования гидродинамики закрученных потоков на сливах гидроциклонов / Сборник научных трудов аспирантов. Материалы 53-й республиканской научной конференции. – Казань: КГАСА, 2001. – с.29-31.
4. Адельшин А.Б., Потехин Н.И., Адельшин А.А. Параметры закрученных струй на сливе гидроциклоны / Межвузовский сборник научных трудов. – Казань: КГАСА, 1999. – с.137-142.
5. Адельшин А.А. Дифференциальная функция распределения времени пребывания жидкости установки БГКО / Труды Международного форума по

проблемам науки, техники и образования. Том 2. – М.: Академия наук о Земле, 2004. – 170с.

6. Патент РФ №2189360 от 20.09.2002г. бюл. №26 от 20.09.2002г. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод. Адельшин А.Б., Потехин Н.И., Адельшин А.А.

7. Патент РФ №2248327 от 11.09.2003г. бюл. №8 от 20.03.2005г. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод. Адельшин А.Б., Потехин Н.И., Адельшин А.А.

8. Патент РФ №2253623 от 10.06.2005г. бюл. №16 от 10.06.2005г. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод. Адельшин А.Б., Потехин Н.И., Адельшин А.А.