



ВИХРЕВОЙ СПОСОБ КОМПЛЕКСНОГО ОЧИЩЕНИЯ ОТ МЕХАНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИМЕСЯМИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ДОННЫХ СЛОЕВ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИХРЕВЫХ СЕПАРАТОРОВ (СЕПАРАТОРОВ-КОНФУЗОРОВ, ЦИКЛОНОВ-КОНФУЗОРОВ)

В. И. Кузнецов, О. А. Шариков

Омский государственный технический университет,
Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, 11

Описывается способ очищения от механического загрязнения нефтью, нефтепродуктами, иными материалами поверхностных и донных слоёв водных объектов с применением вихревого оборудования: завихрителей, вихревых труб, сепараторов-конфузоров, циклонов-конфузоров, а также плавучих транспортных средств, путепроводов, накопительных емкостей.

Способ заключается в последовательной сепарации поверхностных слоев загрязненной воды водоема, разбульживании гидробуром донных слоев, последующей сепарации, образующейся при этом механической смеси до необходимой концентрации и сочетания в ней компонентов, одновременного обогащения полученных полуфабрикатов и разделения их на конкретные, используемые в практической деятельности материалы и вещества, транспортирование этих материалов и веществ до мест упаковки, их дальнейшей реализации или экологически безвредной утилизации.

Задача решается путем использования свойств вихревых потоков механических смесей, системного применения сепараторов-конфузоров, циклонов-конфузоров и создания нового способа комплексного очищения от загрязнения примесями поверхностей и донных слоев водных объектов с помощью формирования встречных основному потоку, закрученных потоков механических смесей и управления ими в пространстве. Технический результат достигается за счет использования нового физического процесса — вихревого эффекта конфузора, совершенствования технологического процесса разделения механических смесей, его глубины, комплексного использования оборудования и повышения эффективности процессов.

Ключевые слова: сепаратор-конфузор, циклон-конфузор, завихритель, вихревые потоки, вихревой эффект конфузора.

Проект поддержан ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям), г. Москва. Договор-контракт № 12013р/21986 на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по проекту № 21986, г. Москва, от 27 июля 2013 г.

Введение

Проблема охраны окружающей природной среды приобретает особую остроту в связи с загрязнением водоемов и почв нефтью и нефтепродуктами. Наиболее ощутимо эти воздействия проявляются при добыче нефти, ее переработке, транспортировке, из-за технологических и аварийных выбросов продукции в природную среду.

Известно, что 1 л нефти загрязняет до 1000 м³ воды, что обусловлено присутствием в ней природных поверхностно-активных веществ, которые образуют стабильные нефтеводные эмульсии [1]. Необходимо отметить, что на всех этапах добычи и транспортировки ежегодно теряется более 45 млн т нефти (на суше — 22 млн т, на море — 7 млн т, в атмосферу в виде продуктов неполного сгорания топлива поступает 16 млн т). Общее количество поступающих нефтяных углеводородов в морскую среду составляет 2–8 млн т в год, из них 2,1 млн т составляют потери при перевозках судами и танкерами, 1,9 млн т выносятся реками, остальное поступает с городскими и промышленными отходами прибрежных районов, урбанизированных территорий и из прочих источников [2].

В 2010 году в Мексиканском заливе произошла катастрофа планетарного масштаба. После 36-часового пожара нефтяная платформа затонула, после чего в океан стало поступать до 1000 тонн нефти в сутки. В Мексиканском заливе образовалось огромное нефтяное пятно размером 78 на 128 км, которое, в конечном счете, достигло побережья Луизианы, Флориды и Алабамы. Сократить утечку удалось только через пять месяцев.

Нефть и нефтепродукты, находящиеся в водных экосистемах, пагубно действуют на все звенья экологической цепи, от микроскопических водорослей до млекопитающих.

Постановка задачи

В настоящее время существует большое количество способов очистки загрязненных вод, которые можно крупно разделить на следующие:

Механическая очистка основана на процеживании, фильтровании, отстаивании и инерционном разделении различных примесей и отходов. Такой способ очистки стоков позволяет отделять нерастворимые примеси и взвешенные частицы, находящиеся в воде. Механические методы очистки

являются самыми дешевыми, однако их применение не всегда эффективно.

В процессе **химической очистки стоков** может накапливаться большое количество осадка, который необходимо отфильтровывать и утилизировать иными способами очистки. Одни из самых эффективных (но дорогих) способов очистки воды — это **физико-химические способы очистки сточных вод** с использованием процессов коагуляции, сорбции, экстракции, электролиза, ультрафильтрации, ионообменной очистки и обратного осмоса.

Биологический метод основан на применении микроорганизмов, утилизирующих нефть и нефтепродукты. Он в основном используется после применения механического и физико-химического методов.

Сегодня известно множество конкретных способов и устройств очищения водных поверхностей водоемов, например, термические методы, физико-химический метод с применением диспергентов и сорбентов, используются даже экскаваторы. Вот некоторые примеры из известных в источниках.

1. Воду вместе с разлившейся нефтью собирают в отстойник. Затем воду выливают в водоем, а нефть собирают в специальном приемнике, замораживают смесь воды и нефти в холодильных баках при температуре ниже температуры замерзания воды, но выше температуры нефти. При замерзании воды нефть сливают с поверхности льда в приемник, а растаявший лед выливают в водоем.

2. Нефть собирают посредством нефтевпитывающего материала, который закрепляют на вращающемся барабане [3]. Собранную материалом нефть затем отжимают роликом и собирают в специальном приемнике.

3. Наиболее эффективным является способ с применением сорбентов. Один грамм сорбирующего материала способен присоединить к себе не менее 50 г углеводородных соединений, что обеспечивает возможность обработки больших загрязненных поверхностей при незначительном расходе сорбирующего материала.

На загрязненную поверхность распыляют нефтепоглощающий материал (сорбент). После сорбции материал собирают, нефть отделяют. В качестве сорбентов предлагаются различные вещества: пенографит, торф и т.п. — их несколько.

Все известные способы и устройства очищения водных поверхностей водоемов, отстойников имеют общие недостатки, такие как громоздкость оборудования, большие материальные затраты с одновременными, зачастую невосполнимыми экологическими издержками.

Например, большинство известных сорбентов очень дороги, кроме того, многие из них загрязняют водоемы и ухудшают экологию водной среды. Так, для сорбции 1 кг (примерно 1 л) нефти требуется 0016 м³ типового сорбента. При стоимости 1 м³ примерно 400 \$ это обойдется в 0,64 \$. Таким образом, цена материала для сорбции 1 тонны (1000 л) нефти = 640 \$!

И, с другой стороны, актуальность очищения водных ресурсов планеты все возрастает. Специалистами предприятия ООО «НПП «Вихрь» предлагается иной вариант решения этой актуальной проблемы. Оно базируется на щадящем режиме регенерации природных ресурсов, на использовании свойств вихревых потоков механических смесей и является развитием известного способа авторов Кузнецова В. И., Шарикова О. А., Шарикова М. О. [4].

Задача повышения эффективности природоохранных мероприятий, экологической безопасности промышленных технологий решается путем системного применения сепараторов-конфузоров, циклонов-конфузоров, с новым физическим процессом — «вихревой эффект конфузора». На этой основе создан новый вихревой комплексный способ очищения от загрязнения примесями поверхностей и донных слоев водных объектов с помощью формирования встречных основному потоку, закрученных потоков механических смесей и управления ими в пространстве [5–7].

Описание предлагаемого способа. Вихревой способ очищения водных объектов от механического загрязнения примесями, например, нефтью, маслами, иными материалами, воды и донных поверхностей заключается в:

— сепарации поверхностных слоев загрязненной воды;

— в разбулживании донных слоев загрязненных водоемов и последовательной сепарации образующейся при этом механической смеси;

— выработки веществ путем сепарирования необходимой концентрации состава компонентов и их сочетания;

— в одновременном обогащении получаемых полуфабрикатов и разделении их на конкретные, используемые в практической деятельности материалы.

В реализации способа могут применяться самостоятельные, работающие совместно или автономно друг от друга, вихревые технологические комплексы, с применением вихревых сепараторов (сепараторов-конфузоров, циклонов-конфузоров) [4]:

— ВТК-П — вихревой технологический комплекс очистки поверхностных слоев водного объекта рис. 1;

— ВТК-Д — вихревой технологический комплекс очистки донных слоев водного объекта (рис. 2).

Каждый из перечисленных вихревых технологических комплексов состоит из одной или нескольких объединенных в целях комплексности переработки получаемых полуфабрикатов технологических линий оборудования в соответствии с состоянием водного объекта обработки и используемых производственных мощностей. Технологические линии, в свою очередь, состоят из одной или нескольких линеек оборудования и ступеней сепарации. Ступени сепарации по внутреннему содержанию технологической операции обработки состоят из одного или нескольких аппаратов непосредственно сепарации, результатами работы которых являются технологические переделы сепарации, а также из оборудования управления рабочим процессом и технологических путепроводов. В качестве аппаратов непосредственно сепарации применяются вихревые сепараторы-конфузоры и вихревые циклоны-конфузоры, использующие в своей работе новый физический процесс — «вихревой эффект конфузора».

ВТК-П — вихревой технологический комплекс очистки поверхностных слоев водного объекта состоит из нескольких технологических линий, линеек и нескольких ступеней переработки механической смеси. Число технологических линий определяется шириной полосы захватываемой водной поверхности объекта обработки, мощностью и комплектацией используемого нагнетательного (насосов) и иного технологического оборудования. Число линеек и ступеней сепарации определяется

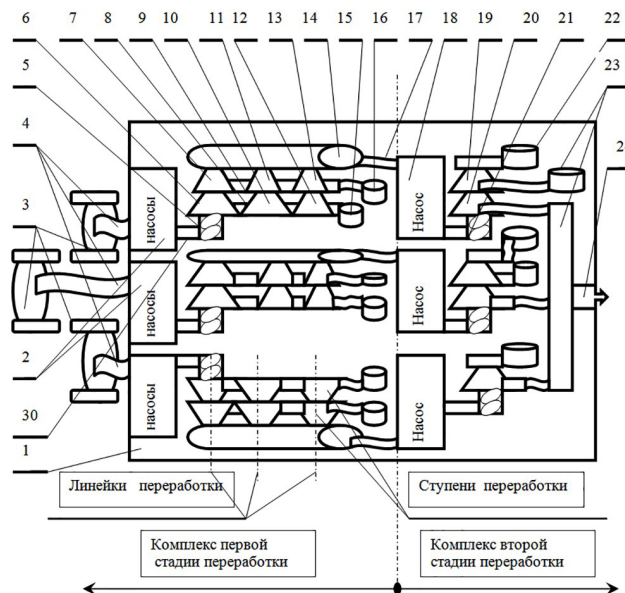


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема вихревого способа очищения от механического загрязнения примесями поверхностей водных объектов с применением вихревых сепараторов (сепараторов-конфузоров, циклонов-конфузоров):

- 1 — плавучая платформа; 2 — нагнетатели (насосы); 3 — заборное устройство;
 4 — путепровод от нагнетателя к заборному устройству;
 5 — завихритель первого сепаратора-конфузора первой ступени первой линейки;
 6 — первый сепаратор-конфузор в первой ступени первой линейки;
 7 — первый сепаратор-конфузор во второй ступени первой линейки;
 8 — путепровод сбора в накопитель плотных частиц смеси передела первой ступени;
 9 — путепровод сбора в накопитель плотных частиц смеси передела второй ступени;
 10 — первый циклон-конфузор в первой ступени второй линейки;
 11 — первый циклон-конфузор во второй ступени второй линейки;
 12 — первый циклон-конфузор в первой ступени третьей линейки;
 13 — первый циклон-конфузор во второй ступени третьей линейки;
 14 — путепровод-накопитель отходов линеек;
 15 — емкость накопления передела первых ступеней всех линеек;
 16 — емкость накопления, передела плотных частиц вторых ступеней трёх линеек;
 17 — путепровод от ёмкости накопления к насосу второй стадии;
 18 — насос второй стадии переработки (глубокой переработки);
 19 — второй сепаратор-конфузор первой линейки второй стадии;
 20 — первый сепаратор-конфузор первой линейки второй стадии;
 21 — завихритель первого сепаратора-конфузора первой линейки второй стадии;
 22 — емкость накопления передела переработки менее плотных частиц смеси в линейке;
 23 — емкость накопления передела переработки более плотных частиц смеси в линейке;
 24 — сливной вентиль;
 30 — путепровод от насоса к завихрителю первого сепаратора-конфузора
- Fig. 1. The basic technological scheme of the vortex method of purification from mechanical impurities contamination of surfaces of water bodies with the use of vortex separators (separators-confusers, cyclones-confusers)
- 1 — floating platform; 2 — blower (pumps, pump); 3 — intake;
 4 — overpass from the supercharger to the intake device;
 5 — the swirl of the first separator is the confuser of the first stage of the first line;
 6 — the first separator-confuser in the first stage of the first line;
 7 — the first separator-confuser in the second stage of the first line;
 8 — the overpass collection in drive of solid particles of a mixture of redistribution of the first stage;
 9 — overpass collection in the storage of dense particles of the mixture rework the second stage;
 10 — the first cyclone-confuser in the first stage of the second line;
 11 — the first cyclone-confuser in the second stage of the second line;
 12 — the first cyclone-confuser in the first stage of the third line;
 13 — the first cyclone-confuser in the second stage of the third line;
 14 — overpass-accumulator of waste lines;
 15 — storage capacity redistribution of the first steps of all lines;
 16 — capacity of accumulation, redistribution of solid particles second stages trehlineek;
 17 — overpass from the accumulation tank to the pump of the second stage;
 18 — pump of the second stage of processing (deep processing);
 19 — the second separator is the confuser of the first line of the second stage;
 20 — the first separator is the confuser of the first line of the second stage;
 21 — swirl of the first separator-confuser of the first line of the second stage;
 22 — capacity of accumulation redistribution processing is less dense particles of the mixture in the line;
 23 — the capacity of accumulation of the redistribution processing of more dense particles of the mixture in the line;
 24 — the drain valve;
 30 — the overpass from the pump to the swirl of the first separator-confuser

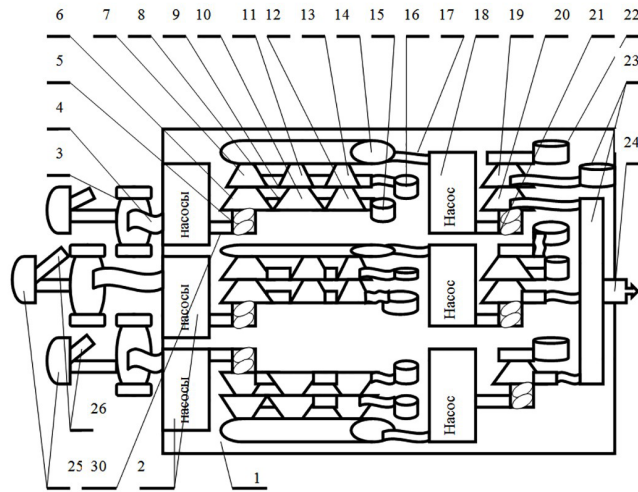


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема вихревого способа очищения от механического загрязнения примесями донных слоев водных объектов с применением вихревых сепараторов (сепараторов-конфузоров, циклонов-конфузоров)

- 1 — плавучая платформа; 2 — нагнетатель (насосы, насос);
 3 — заборное устройство; 4 — путепровод от нагнетателя к заборному устройству;
 5 — завихритель первого сепаратора-конфузора первой ступени первой линейки;
 6 — первый сепаратор-конфузор в первой ступени первой линейки;
 7 — первый сепаратор-конфузор во второй ступени первой линейки;
 8 — путепровод сбора в накопитель плотных частиц смеси передела первой ступени;
 9 — путепровод сбора в накопитель плотных частиц смеси передела второй ступени;
 10 — первый циклон-конфузор в первой ступени второй линейки;
 11 — первый циклон-конфузор во второй ступени второй линейки;
 12 — первый циклон-конфузор в первой ступени третьей линейки;
 13 — второй циклон-конфузор во второй ступени третьей линейки;
 14 — путепровод-накопитель отходов линеек;
 15 — емкость накопления передела первых ступеней всех линеек;
 16 — емкость накопления, передела плотных частиц вторых ступеней всех линеек;
 17 — путепровод от емкости накопления к насосу второй стадии;
 18 — насос второй стадии переработки (глубокой переработки);
 19 — второй сепаратор-конфузор первой линейки второй стадии;
 20 — первый сепаратор-конфузор первой линейки второй стадии;
 21 — завихритель первого сепаратора-конфузора первой линейки второй стадии;
 22 — емкость накопления передела переработки менее плотных частиц смеси в линейке;
 23 — емкость накопления передела переработки более плотных частиц смеси в линейке; 24 — сливной вентиль; 25 — гидробуры первой, второй, третьей технологических линий и штанги их крепления;
 26 — путепровод подачи переработанной (очищенной) смеси к гидробуру;
 30 — путепровод от насоса к завихрителю первого сепаратора-конфузора
- Fig. 2. The basic technological scheme of the vortex method of purification from mechanical pollution by impurities of the bottom layers of water bodies with the use of vortex separators (separators-confusers, cyclones-confusers)
- 1 — floating platform; 2 — blower (pumps, pump); 3 — intake;
 4 — overpass from the supercharger to the intake device;
 5 — the swirl of the first separator is the confuser of the first stage of the first line;
 6 — the first separator-confuser in the first stage of the first line;
 7 — the first separator-confuser in the second stage of the first line;
 8 — the overpass collection in drive of solid particles of a mixture of redistribution of the first stage;
 9 — overpass collection in the storage of dense particles of the mixture rework the second stage;
 10 — the first cyclone-confuser in the first stage of the second line;
 11 — the first cyclone-confuser in the second stage of the second line;
 12 — the first cyclone-confuser in the first stage of the third line;
 13 — the second cyclone-confuser in the second stage of the third line;
 14 — overpass-the accumulator of waste lines;
 15 — storage capacity redistribution of the first steps of all lines;
 16 — capacity of accumulation, redistribution of solid particles of a second steps all the product lines;
 17 — overpass from the accumulation tank to the pump of the second stage;
 18 — pump of the second stage of processing (deep processing);
 19 — the second separator is the confuser of the first line of the second stage;
 20 — the first separator-confuser of the first line of the second stage;
 21 — swirl of the first separator-confuser of the first line of the second stage;
 22 — capacity of accumulation redistribution processing is less dense particles of the mixture in the line;
 23 — the capacity of accumulation of the redistribution processing of more dense particles of the mixture in the line; 24 — the drain valve;
 25 — hydraulic drills of the first, second, third production lines and rods of their fastening;
 26 — overpass feed processed (purified) mix to the hydro drill;
 30 — the overpass from the pump to the swirl of the first separator-confuser

степенью загрязнения и качеством очистки воды от примесей, количеством обособляемых компонентов смеси, глубиной переработки получаемых полуфабрикатов, мощностью применяемого технологического оборудования.

Работу вихревого технологического комплекса очистки поверхностных слоев водного объекта ВТК-П иллюстрирует схема на рис. 1. Комплекс работает следующим образом.

Все оборудование может быть закреплено на плавучей платформе 1. На загрязненный участок поверхности водного объекта опускают на расчетную глубину заборное устройство 3, закрепленное гибким соединением с понтонной заградительной рамой. От заборного устройства 3 захваченные нагнетателем (насосом) 2 поверхностные слои — механическая смесь воды и примесей — по трубопроводам 4 и 30, поступают в завихритель сепаратора-конфузора первой ступени технологической линейки 5. В завихрителе 5 происходит закручивание потока, образование зоны разрежения в потоке, разрушение возникших в процессе захвата поверхностных слоев и, ранее, воздушных пузырьков компонентов, как воды, так и примесей, отделение частиц компонентов, прилипших к пу-

зырькам, и друг от друга. В процессе движения потока в вихревой трубе завихрителя под действием сил перепада давления, трения частиц о стенку вихревой трубы, взаимных столкновений частиц происходит их дальнейшее разрушение, дробление на более мелкие частицы и группировки. Одновременно происходит разделение потока: наиболее плотные частицы удаляются от оси к стенке вихревой трубы, частицы легких компонентов, менее плотные, группируются в осевых слоях вихревого потока [8, 9]. Из вихревой трубы завихрителя 5 поток попадает в сепаратор-конфузор 6, где после соприкосновения со стенкой конфузора разделяется на два противоположно направленных вихревых потока. Менее плотные частицы потока, в составе осевых слоев, продолжают движение в направлении первоначального движения вихревого потока, т.е. в сторону меньшего основания конфузора, более плотные частицы потока, как периферийные слои, меняют направление своего осевого движения, на обратное направление, формируя встречный основной вихревой поток.

Содержание этих операций комплексного технологического процесса поясняется дополнительно на рис. 3 и рис. 4 [8, 10–12].

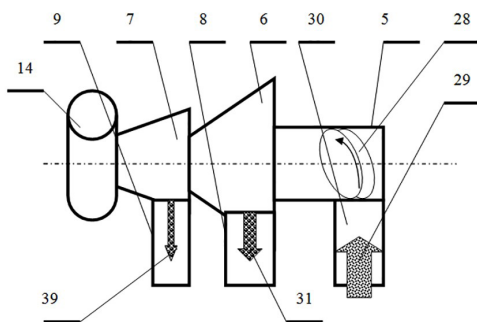


Рис. 3. Технологическая схема работы сепаратора-конфузора:

- 6 — первый сепаратор-конфузор в первой ступени первой линейки; 7 — первый сепаратор-конфузор во второй ступени первой линейки; 8 — трубопровод сбора в накопитель плотных частиц смеси переддела первой ступени; 9 — трубопровод сбора в накопитель плотных частиц смеси переддела второй ступени; 14 — трубопровод-накопитель отходов линеек; 28 — сформированный в завихрителе вихревой поток механической смеси; 29 — захваченная насосом масса механической смеси, подлежащая переработке; 30 — трубопровод от насоса к завихрителю первого сепаратора-конфузора; 31 — встречный вихревой поток в сепараторе-конфузоре первой ступени; 39 — встречный вихревой поток в сепараторе-конфузоре второй ступени
- Fig. 3. Technological scheme of work separator-confuser:
- 6 — the first separator-confuser in the first stage of the first line; 7 — the first separator-confuser in the second stage of the first line; 8 — the overpass collection in drive of solid particles of a mixture of redistribution of the first stage; 9 — overpass collection in the storage of dense particles of the mixture rework the second stage; 28 — the vortex flow of the mechanical mixture formed in the swirl chamber; 29 — the mass of the mechanical mixture captured by the pump to be recycled; 30 — overpass from the pump to the swirl of the first separator-confuser; 31 — counter vortex flow in the separator-confuser of the first stage; 39 — counter vortex flow in the separator-confuser of the second stage

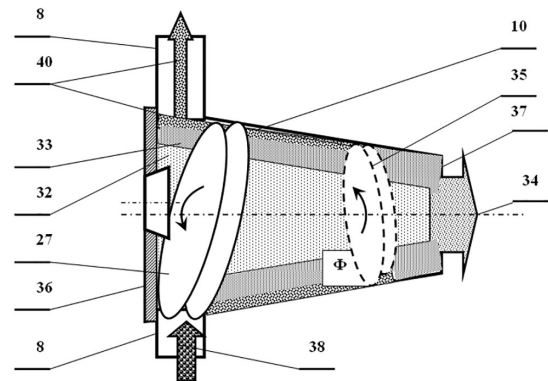


Рис. 4. Технологическая схема функционирования циклона-конфузора:

- 8 — трубопровод сбора в накопитель плотных частиц смеси переддела первой ступени; 27 — виток сформированного в циклоне-конфузоре вихря механической смеси; 40 — встречный вихревой поток; 32 — вновь сформированные осевые слои; 33 — вновь сформированные периферийные слои; 34 — вихревой поток, перемещающийся из циклона-конфузора; 35 — виток сформированного в циклоне-конфузоре встречного вихря; 36 — крышка большого основания циклона-конфузора с эксцентричным отверстием; 37 — меньшее основание циклона-конфузора; 38 — встречный вихревой поток, перемещающийся из соседнего циклона-конфузора (или сепаратора-конфузора)
- Fig. 4. Technological scheme functioning of the cyclone-confuser:
- 8 — overpass collection in the storage of dense particles of the mixture of the first stage conversion; 27 — a revolution formed in the cyclone-eddy confuser of the mechanical mixture; 40 — counter eddy current; 32 — newly formed axial layers; 33 — newly formed peripheral layers; 34 — the vortex flow moves the cyclone nozzles; 35 — a coil formed in the cyclone-confuser oncoming vortex; 36 — cover of the larger base of the cyclone-confuser with eccentric opening; 37 — smaller base of the cyclone nozzles; 38 — an oncoming vortex flow moving from a neighboring cyclone-confuser (or separator-confuser)

Разделенные таким образом потоки по путепроводам поступают каждый по своему назначению. Осевые слои, менее плотные частицы движутся в осевое отверстие в меньшем основании сепаратора-конфузора 6 и поступают в следующий в линейке по движению потока сепаратор-конфузор 7. В сепараторе-конфузоре 7 производится дальнейшее разделение потока и обособление наиболее плотных частиц с одновременным формированием вновь периферийных и осевых слоев. Из периферийных слоев плотные частицы формируют встречный поток, который по путепроводу 9 перемещается в соседний, первый циклон-конфузор 11 второй ступени второй линейки, а осевые слои и менее плотные частицы перемещаются в осевое отверстие в меньшем основании циклона-конфузора 7 в путепровод — накопитель отходов линеек 14. Встречный вихрь из сепаратора-конфузора 6 перемещается по путепроводу 8 тангенциально в соседний, первый циклон-конфузор первой ступени второй линейки 10, в котором вновь закручивается, и под действием центробежной силы в нем формируются осевые и периферийные слои. Осевые слои в циклоне-конфузоре первой ступени второй линейки 10, перемещаются в осевое отверстие в меньшем основании. Затем поступают в циклон-конфузор второй ступени второй линейки 11, в котором поступивший поток разделяется на два потока. Образовавшийся из частиц периферийного слоя встречный поток перемещается по путепроводу 9 в накопитель передела вторых ступенек 16, а менее плотные частицы периферийного слоя и осевые слои продолжают свое вихревое движение через осевое отверстие в меньшем основании циклона-конфузора 11 в накопитель отходов 14. Из периферийных слоев в циклоне-конфузоре первой ступени второй линейки 10 образуется встречный вихревой поток, который из циклона-конфузора 10 перемещается по путепроводу 8 в соседний, первый циклон-конфузор первой ступени третьей линейки 12. В этом циклоне-конфузоре вновь производится закручивание потока с одновременным разделением на осевые слои с менее плотными частицами, периферийные слои и также формирование встречного вихря. Встречный вихрь из циклона-конфузора 12 перемещается по путепроводу 8 в емкость накопления передела первых ступеней всех линеек 15. Осевые слои циклона-конфузора «12» перемещаются в циклон-конфузор второй ступени третьей линейки 13, в котором разделяется на осевые, периферийные слои и встречный вихрь. Встречный вихрь из циклона-конфузора 13 перемещается по путепроводу 9 в емкость для сбора переделов плотных слоев смеси вторых ступеней всех линеек 16. Осевые слои циклона-конфузора 13 перемещаются через осевое отверстие в меньшем основании циклона-конфузора 13 в путепровод — накопитель отходов линеек 14.

По окончании технологических операций первой стадии переработки и по результатам анализа концентрации компонентов в переделах смеси, которые находятся в технологических емкостях хранения переделов 14, 15, 16, продолжается последующая, вторая стадия переработки загрязненной смеси. Получившиеся переделы смеси подвергаются окончательной утилизации, дальнейшей переработке или, наоборот, как готовая продукция, упаковке. Объемы чистой воды после тщательного контроля и анализа подлежат сбросу в обрабатываемый водоем. До конца не обработанные объемы смеси

подлежат транспортировке на последующие операции более глубокой очистки, дополнительной сепарации во второй стадии. Транспортировка на последующие операции более глубокой переработки производится с помощью насосов 18 второй стадии, начинается от момента всасывания конкретного передела переработки из технологических емкостей его накопления. Смесь, подлежащая дальнейшей переработке, по путепроводу 17 из путепровода — накопителя отходов линеек 14 подается насосом 18 в завихритель 21 первого сепаратора-конфузора первой линейки второй стадии, в котором закручивается, образуется вихревой поток, в котором формируются осевые слои и периферийные слои. Закрученный поток поступает в сепаратор — конфузор 20 первый сепаратор-конфузор первой линейки второй стадии, в котором образуется встречный вихрь, осевые слои с менее плотными частицами смеси. Встречный вихрь из сепаратора-конфузора 20 перемещается в емкость накопления передела ступеней переработки в линейке 23, а осевые слои поступают в последующий по движению потока сепаратор-конфузор 19, в котором, в свою очередь, образуются периферийные и осевые слои. Из периферийных слоев формируется встречный вихрь, который по путепроводу перемещается в емкость накопления передела более плотных частиц смеси в линейке 23 второй стадии переработки. Осевые слои с менее плотными частицами смеси движутся в осевое отверстие в меньшем основании сепаратора-конфузора 19 и далее в емкость накопления передела переработки менее плотных частиц смеси в линейке 22.

По мере накопления продуктов переработки механической смеси собранной с поверхности обрабатываемого водоема в емкостях накопления технологических переделов, качественного анализа переделов принимается решение об использовании полуфабрикатов или продолжении процесса их переработки. Вентили слива продуктов и контрольная аппаратура устанавливаются на каждом накопителе переделов.

Очищенная вода сливается из технологической емкости накопления передела 23 обрабатываемой механической смеси с использованием вентиля слива 24.

Таким образом, в процессе последовательной сепарации механической смеси доводятся до необходимой концентрации компонентов составы переделов, полуфабрикатов и готовой продукции. Аналогично функционируют вторая и иные технологические линии установки [13, 14]. Модульный принцип комплектации и последующей компоновки технологического оборудования в комплексе допускает инвариантность пространственного и технологического расположения оборудования, количественного соотношения составляющих его элементов

Описание технологической схемы работы сепаратора-конфузора

Захваченная насосом 2 (рис. 3) масса загрязненной смеси 29 с поверхности водного объекта, поступает по путепроводу 30 в завихритель 5 первого сепаратора-конфузора 6 первой ступени первой линейки. В нем закручивается в вихревой поток 28, в котором, формируются периферийные и осевые слои. Закрученный поток 28 перемещается в сепаратор-конфузор 6, в котором из периферийных слоев обособляются наиболее плотные

частицы смеси во встречный вихрь 31, который отводится по путепроводу 8 в соседний сепаратор-конфузор на дальнейшую обработку. Осевые слои и оставшиеся менее плотные частицы смеси перемещаются как вихревой поток в следующий по движению потока сепаратор-конфузор 7. В этом сепараторе-конфузоре, в свою очередь, под влиянием центробежной силы формируются тоже осевые и периферийные слои [8, 14]. Из периферийных слоев обособляются наиболее плотные частицы во встречный вихрь 39 сепаратора-конфузора второй ступени, который отводится по путепроводу 9 в емкость накопления, передела плотных частиц вторых ступеней трех линеек 16. Осевые слои и оставшиеся менее плотные частицы периферийных слоев движутся в осевое отверстие в меньшем основании сепаратора-конфузора 7 в путепровод-накопитель отходов линеек 14. Необходимо отметить, что наличием завихрителя 5 конструктивно отличается сепаратор-конфузор от циклона-конфузора.

Описание технологической схемы функционирования циклона-конфузора

Подлежащая переработке масса смеси 38 (рис. 4) от сепаратора-конфузора 6 подается по путепроводу 8 у большего основания циклона-конфузора 10. Поступая тангенциально в циклон-конфузор 10, смесь закручивается, формируя осевые 32 и периферийные 33 слои в потоке. Более плотные частицы смеси под действием центробежной силы продвигаются ближе к сужающейся стенке циклона-конфузора, менее плотные — к его оси. По мере продвижения закрученного потока вдоль оси циклона-конфузора к меньшему основанию в периферийных слоях под влиянием сужающейся формы циклона-конфузора происходит дополнительное уплотнение периферийного слоя потока. Частицы периферийного слоя под влиянием сил трения и вязкости затормаживаются вплоть до нулевого значения поступательной скорости, как бы «прилипают» к конической стенке циклона-конфузора. Повышение давления в кольце «заторможенных» частиц периферийного слоя с одновременным понижением давления в замкнутом пространстве конфузора, зоне «Ф», приводит к «перепаду давления» в данной зоне под влиянием которого частицы из «заторможенного» кольца перемещаются в зону пониженного давления, расположенную в межвитковом пространстве. Выталкивающая сила перепада давления направлена против первоначального направления движения потока. Частицы смеси продолжают движение, но уже в противоположном первоначальному потоку направлении. Одновременно во вращательном движении центробежными силами движущиеся частицы прижимаются к расширяющейся стенке циклона-конфузора, таким образом формируется встречный поток 35. Продвигаясь у боковой стенки конфузора в сторону большего основания встречный поток попадает в отверстие в стенке для путепровода 8, по которому отводятся обособленные частицы 40 встречного вихревого потока [15]. Оставшаяся часть поступившего в циклон-конфузор закрученного потока 34 продолжает свое движение в осевое отверстие в меньшем основании циклона-конфузора во второй по движению потока циклон-конфузор 11, на дальнейшие технологические операции.

Работу вихревого технологического комплекса очистки донных слоев водного объекта ВТК-Д иллю-

стрирует схема на рис. 2. ВТК-Д комплекс работает следующим образом.

Все оборудование может быть закреплено на плавучей платформе 1. На загрязненный участок донной поверхности водного объекта опускают на определенную глубину заборное устройство, спереди которого укрепляется гидробур с распылителем. К гидробуру подводятся по путепроводу под нужным давлением соответствующий передел от предыдущих ступеней сепарации поверхностных вод или этих же донных слоев водоема в зависимости от состава компонентов данного передела, технологической подготовки оборудования и состояния объекта очистных работ.

Разбульженные водной струей из гидробура 25, донные слои — механическая смесь воды, ила, иных примесей, захваченные нагнетателем (насосом) 2 от заборного устройства 3 по путепроводам 4 и 30, поступают в завихритель сепаратора-конфузора первой ступени первой технологической линейки 5. Последующие операции в ВТК-Д (вихревой технологический комплекс очистки донных слоев водного объекта) протекают аналогично ВТК-П (вихревой технологический комплекс очистки поверхностных слоев водного объекта). Отличие в том, что на определенной ступени сепарации, очищенная вода передела из соответствующего сепаратора-конфузора направляется не в накопитель, а по путепроводу 26 непосредственно в гидробур 25, укрепленный спереди заборного устройства механической смеси.

К вентилю слива 24, т.е. к спуску в водоем или подаче в путепровод, к гидробуру вихревого технологического комплекса очистки донных слоев водного объекта ВТК-Д продукты комплексной переработки механической смеси поступают после соответствующего контроля качества их состава.

Заключение

Осуществление способа заключается в изготовлении предложенной технологической схемы. Нагнетательное, силовое оборудование типовое; путепроводы, контрольно-измерительная аппаратура типовая; плавучие средства, заборные устройства, понтонные ограждающие рамки и другое оборудование известны. Новыми элементами в способе являются непосредственно вихревой сепаратор-конфузор, циклон-конфузор, их технологическая схема, их последовательные соединения. Аппараты конструктивно простые, технологичные в изготовлении. В установке отсутствуют движущиеся части, что делает установку простой и надежной в эксплуатации. Сепаратор-конфузор и циклон-конфузор были изготовлены в действующих лабораторных образцах для сыпучих механических смесей. Используемые в «ВТК-П» и «ВТК-Д» объединения экземпляров оборудования с включением нескольких сепараторов-конфузоров, циклонов-конфузоров в единый технологический комплекс по очистке водоемов от механических примесей конструктивно простые, технологичны в изготовлении, их возможно изготовить в любой механической мастерской. Установка комплектуется по модульному принципу, в свою очередь, модули группируются относительно нагнетателя (насос или насосная станция).

Вихревой способ комплексного очищения от механического загрязнения примесями поверхностных и донных слоев водных объектов с использованием вихревых сепараторов (сепараторов-конфузоров,

циклонов-конфузоров) применяться может во многих отраслях народного хозяйства страны: химической, нефтеперерабатывающей, золотодобывающей отрасли и т.д., список неограничен. Он будет эффективным средством в экологии, в области охраны окружающей среды. Анализ информационных источников показывает, что предлагаемый вихревой способ переработки механических смесей остается актуальным на сегодняшний день.

Список источников

1. Гандурина Л. В. Очистка сточных вод с применением синтетических флокулянтов: моногр. М.: ДАР/ВОДГЕО, 2007. 198 с. ISBN 978-5-98826-006-6.
2. Фашук Д. Я., Чепалыга А. Л., Шапоренко С. И. Оценка состояния морских акваторий // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 1997. № 6. С. 75–88.
3. Пат. 2143517 РФ Российская Федерация, МПК Е 02 В 15/04. Установка для сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности воды / Зоркин В. А., Айсин Е. Х., Тимохов В. Я. № 98104643/13; заявл. 27.02.98; опубл. 27.12.99.
4. Кузнецов В. И., Шариков О. А. Способ комплексной переработки механической смеси с использованием свойств вихревого эффекта конфузора // Омский научный вестник. 2015. № 1 (137). С. 38–41.
5. Пат. 2326740 Российская Федерация, МПК В 04 С 3/00. Сепаратор / Кузнецов В. И., Грехнев В. А., Шариков О. А., Шариков М. О., Романовская М. С. № 2006129403/15; заявл. 14.08.2006; опубл. 20.06.2006, Бюл. № 17.
6. Пат. 2475310 Российская Федерация, МПК В 04 С 5/00. Способ разделения механических смесей на основе использования свойств вихревого потока и применения вихревого сепаратора-конфузора / Кузнецов В. И., Шариков О. А., Шариков М. О. № 2010131618/05; заявл. 27.07.2010; опубл. 20.02.2013, Бюл. № 5.
7. Кузнецов В. И., Шариков О. А. Некоторые предложения к варианту дифференциального уравнения физического процесса «вихревой эффект конфузора» // Омский научный вестник. 2015. № 1 (137). С. 33–37.
8. Кузнецов В. И. Теория и расчет эффекта Ранка. Омск: Изд-во ОмГТУ, 1994. 217 с.
9. Дудаев В. Г. Вариационная задача оптимизации непрерывного процесса извлечения компонентов из зерна и зернопродуктов / Труды ВНИИЗ. 1983. № 102. С. 4–12.

10. Гортинский В. В., Лондарский В. В., Крипаков А. Ф. О новом вибрационном приводе вращающихся рабочих органов сепарирующих машин // Труды ВНИИЗ. 1983. № 102. С. 13–22.

11. Муравин В. С. Выбор вида движения и рабочих органов вибрационного овсюгоотборника // Труды ВНИИЗ. 1983. № 102. С. 23–27.

12. Пиралишвили Ш. А., Поляев В. М., Сергеев М. Н. Вихревой эффект, эксперимент, теория, технические решения: моногр. М.: Энергомаш, 2000. 412 с. ISBN 5-8022-0006-5.

13. Смутьский И. И. Аэродинамика и процессы в вихревых камерах. Новосибирск: Наука: Сиб. издат. фирма, 1992. 301 с. ISBN 5-02-030300-3.

14. Меркулов А. П. Вихревой эффект и его применение в технике. Самара, 1997. 184 с.

15. Сабуров Э. Н., Карпов С. В. Циклонные устройства в деревообрабатывающем и целлюзно-бумажном производстве / под ред. Э. Н. Сабурова. М.: Экология, 1993. 368 с. ISBN 5-7120-0568-9.

КУЗНЕЦОВ Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Авиа- и ракетостроение».
SPIN-код: 1763-0468
AuthorID (РИНЦ): 161955
ШАРИКОВ Олег Алексеевич, заместитель директора ООО «НПП «Вихрь» при ОмГТУ.
Адрес для переписки: o_sharikov@mail.ru

Для цитирования

Кузнецов В. И., Шариков О. А. Вихревой способ комплексного очищения от механического загрязнения примесями поверхностных и донных слоев водных объектов с применением вихревых сепараторов (сепараторов-конфузоров, циклонов-конфузоров) // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2017. Т. 1, № 2. С. 80–89. DOI: 10.25206/2588-0373-2018-2-1-80-89.

Статья поступила в редакцию 28.03.2018 г.
© В. И. Кузнецов, О. А. Шариков

VORTEX METHOD OF COMPLEX PURIFICATION FROM MECHANICAL POLLUTION BY IMPURITIES OF SURFACE AND BOTTOM LAYERS OF WATER BODIES WITH USE OF VORTEX SEPARATORS (SEPARATORS-CONFUSERS, CYCLONES-CONFUSERS)

V. I. Kuznetsov, O. A. Sharikov

Omsk State Technical University,
Russia, Omsk, Mira Ave., 11, 644050

The method of purification from mechanical pollution by oil, oil products, other materials of surface and bottom surfaces of water bodies with the use of vortex equipment: swirlers, vortex tubes, separators-confusers, cyclones is described-confusers, as well as floating vehicles, overpasses, storage tanks, which consists in a consistent separation of the surface layers of polluted water reservoir, de-buoyancy of the bottom layers and, subsequent separation formed, at the same time, the mechanical mixture to the required concentration and combination therein, components, simultaneous enrichment of the resulting semi-finished products and their separation into specific, used in practice materials and substances, transportation of these materials and substances to the packaging for further sale or environmentally friendly disposal.

The problem is solved by using the properties of vortex flows of mechanical mixtures, the system application of separators-confusers, cyclones-confusers and creating a new method of complex purification of impurities from surfaces and bottom layers of water bodies by forming counter main flow, swirling flows of mechanical mixtures and managing them in space. The technical result is achieved by improving the technological process of separation of mechanical mixtures, its depth, integrated use of equipment and improve the efficiency of processes.

The analysis of literary sources confirms the conclusion that the proposed method has no analogues in the world practice.

Keywords: separator-confuser, cyclone-confuser, swirl, vortex flows, swirl effect confuser.

References

1. Gandurina L. V. Ochistka stochnykh vod s primeneniem sinteticheskikh flokulyantov [Wastewater treatment using synthetic flocculants]. Moscow: DAR/VODGEO Publ., 2007. 198 p. ISBN 978-5-98826-006-6. (In Russ.).
2. Fashchuk D. Ya., Chepalyga A. L., Shaporenko S. I. Otsenka sostoyaniya morskikh akvatorii [Assessment of the marine waters] // *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 1997. No. 6. P. 75 – 88. (In Russ.).
3. Patent 2143517 RF, MPK E 02 B 15/04. Ustanovka dlya sbora nefi i nefteproduktov s poverkhnosti vody [Installation for collecting oil and oil products from the water surface]. Zorkin V. A., Aysin E. Kh., Timokhov V. Ya. No. 98104643/13. (In Russ.).
4. Kuznetsov V. I., Sharikov O. A. Sposob kompleksnoy pererabotki mehanicheskoy smesi s ispolzovaniem svoystv vikhrevogo effekta konfuzora [Method for integrated processing of mechanical mix using properties of vortex effect confuser] // *Omsky nauchnyy vestnik. Omsk Scientific Bulletin*. 2015. No. 1 (137). P. 38 – 41. (In Russ.).
5. Patent 2326740 RF, MPK B 04 C 3/00 Separator [Separator]. Kuznetsov V. I., Sharikov O. A., Sharikov M. O., Grehnev V. A., Romanovskaia M. S. No. 2006129403/15. (In Russ.).
6. Patent 2475310 RF, MPK B 04 C 5/00. Sposob razdeleniya mekhanicheskikh smesey na osnove ispol'zovaniya svoystv vikhrevogo potoka i primeneniya vikhrevogo separatora-konfuzora [Method of separation of mechanical mixtures based on the properties of the vortex flow and the use of a vortex separator-confuser]. Kuznetsov V. I., Sharikov O. A., Sharikov M. O. No. 2010131618/05. (In Russ.).
7. Kuznetsov V. I., Sharikov O. A. Nekotoryye predlozheniya k variantu differentsial'nogo uravneniya fizicheskogo protsessa «vikhrevoy effekt konfuzora» [Some suggestions to option differential equations of physical process of vortex effect confuser] // *Omsky nauchnyy vestnik. Omsk Scientific Bulletin*. 2015. No. 1 (137). P. 33 – 37. (In Russ.).
8. Kuznetsov V. I. Teoriya i raschet effekta Ranka [Theory and calculation of the Rank effect]. Omsk: OmSTU Publ., 1994. 217 p. (In Russ.).
9. Dudaev V. G. Variatsionnaya zadacha optimizatsii nepreryvnogo protsessa izvlecheniya komponentov iz zerna i zernoproduktov [Variational problem of optimization of a continuous process of extracting components from grain and grain products] // *Trudy VNIIZ. Trudy VNIIZ*. 1983. No. 102. P. 4 – 12. (In Russ.).
10. Gortinskiy V. V., Londarskiy V. V., Kripakov A. F. O novom vibratsionnom privode vrashchayushchikhsya rabochikh organov separiruyushchikh mashin [About the new vibration drive of rotating working bodies separating machines] // *Trudy VNIIZ. Trudy VNIIZ*. 1983. No. 102. P. 13 – 22. (In Russ.).
11. Muravin V. S. Vybor vida dvizheniya i rabochikh organov vibratsionnogo ovsyugootbornika [The choice of movement type and the working bodies of vibrating octopus] // *Trudy VNIIZ. Trudy VNIIZ*. 1983. No. 102. P. 23 – 27. (In Russ.).
12. Piralishvili Sh. A., Polyayev V. M., Sergeyev M. N. Vikhrevoy effekt, eksperiment, teoriya, tekhnicheskiye resheniya [Vortex effect, experiment, theory, technical solutions]. Moscow: Energomash, 2000. 412 p. ISBN 5-8022-0006-5. (In Russ.).
13. Smul'skiy I. I. Aerodinamika i protsessy v vikhrevykh kamerakh [Aerodynamics and processes in vortex chambers]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1992. 301 p. ISBN 5-02-030300-3. (In Russ.).
14. Merkulov A. P. Vikhrevoy effekt i ego primeneniye v tekhnike [Vortex effect and its application in engineering]. Samara, 1997. 184 p. (In Russ.).

15. Saburov E. N., Karpov S. V. Tsiklonnyye ustroystva v derevoobrabatyvayushchem i tsellyuzno-bumazhnom proizvodstve [Cyclone devices in woodworking and pulp and paper production] / Ed. E. N. Saburov. Moscow: Ekologiya Publ., 1993. 368 p. ISBN 5-7120-0568-9. (In Russ.).

KUZNETSOV Viktor Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Aviation and Rocketry Department.
SPIN-code: 1763-0468
AuthorID (RSCI): 161955

SHARIKOV Oleg Alekseyevich, Deputy Director LLC Scientific Production Enterprise «Vikhr'».
Address for correspondence: o_sharikov@mail.ru

For citations

Kuznetsov V. I., Sharikov O. A. Vortex method of complex purification from mechanical pollution by impurities of surface and bottom layers of water bodies with the use of vortex separators (separators-confusers, cyclones-confusers) // Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering. 2018. Vol. 2, no 1. P. 80–89. DOI: 10.25206/2588-0373-2018-2-1-80-89.

Received 28 March 2018.

© **V. I. Kuznetsov, O. A. Sharikov**