



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[B08B 3/02 \(2006.01\)](#)

[B05B 1/02 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 16.01.2018)

(21)(22) Заявка: [2016151279](#), 26.12.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.12.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.12.2016

(45) Опубликовано: [16.01.2018](#) Бюл. № [2](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2123957 C1, 27.12.1998. RU
2236915 C1, 27.09.2004. RU 2568467 C1,
20.11.2015. RU 2430796 C1, 10.10.2011. PL
402381 A1, 02.09.2013. US 7243865 B2,
17.07.2007. DE 9419809 U1, 26.01.1995.

Адрес для переписки:

109548, Москва, ул. Полбина, 4, кв. 96,
Болдыреву М.Н.

(72) Автор(ы):

**Болдырев Михаил Николаевич (RU),
Пашков Роман Евгеньевич (RU),
Ременев Илья Львович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

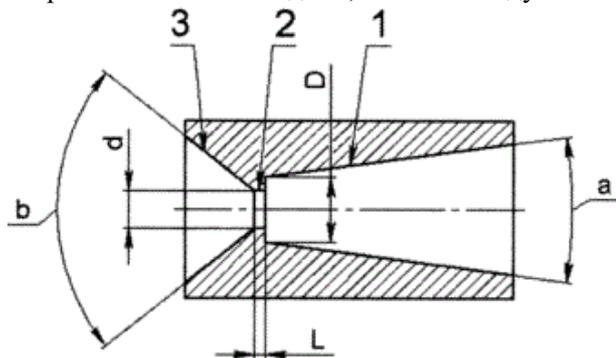
**Болдырев Михаил Николаевич (RU),
Пашков Роман Евгеньевич (RU),
Ременев Илья Львович (RU)**

(54) Устройство и способ для гидродинамической очистки поверхностей на основе микрогидродинамического эффекта

(57) Реферат:

Изобретение относится к технологиям очистки поверхностей, предметов, деталей от природных и техногенных загрязнений и предназначено для гидродинамической очистки. Насадка для гидродинамической очистки представляет собой проточный канал с профилем, образованным соосно расположенными и последовательно сопряженными друг с другом входным конфузуром, резонансной камерой и диффузором. Конфузор и диффузор соединены резонансной камерой в виде переходного выступа. Отношение площади выходного сечения конфузурора к площади сечения отверстия резонансной камеры, образующей переходной выступ, составляет 1,5-8,97. Диффузор может содержать устройство дополнительной подачи жидкости, газа или твердых частиц. Конфузор имеет, наиболее предпочтительно, коническую форму и угол конусности, наиболее предпочтительно 10-20°. Диффузор имеет, наиболее предпочтительно, коническую форму и угол конусности, наиболее предпочтительно 15-70°. Технический результат: высокопроизводительная устойчивая и достаточная для практических задач кавитация при возможно более малых давлениях и расходах для очистки поверхностей от техногенных и природных

загрязнений как в жидкой, так и в воздушной среде. 2 н. и 9 з.п. ф-лы, прим. 3, 2 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к технологиям очистки поверхностей, предметов, деталей от природных и техногенных загрязнений в воде/в других жидкостях или в воздушной/газовой среде.

Уровень техники

В настоящее время способы очистки сводятся к механическим (гидромеханическим), гидравлическим, гидроабразивным, воздушно-абразивным и воздушно-дробеструйным с применением оборудования высокого давления. Эти способы очистки являются общеизвестными и широко применяются в промышленных и бытовых устройствах.

Гидравлические способы очистки поверхностей являются наиболее эффективными, однако требуют применения специального дорогостоящего оборудования для создания высокого давления (600...2500 атм), специального обслуживания и квалификации персонала, соблюдения мер безопасности при производстве работ.

Гидромеханические способы очистки (механическая щетка с подачей воды) - наиболее дешевые и доступные, однако не могут обеспечить высокую производительность работ, особенно это касается удаления природных подводных отложений (водоросли и моллюски).

Гидроабразивные способы очистки занимают промежуточное положение с точки зрения производительности и сложности выполнения работ, однако требуют дополнительного применения абразивных материалов.

Воздушно-абразивные и воздушно-дробеструйные способы очистки пригодны только для работ на открытом воздухе (в доках), при этом воздушно-дробеструйные способы очистки обладают средней производительностью, а также требуют дополнительного расхода материалов.

В ряде случаев струйно-механические способы очистки (гидроабразивные, воздушно-абразивные, воздушно-дробеструйные) не могут быть использованы.

Многих недостатков лишены гидрокавитационные способы очистки при наличии высокой производительности.

Известно устройство в виде кавитационной насадки для выброса высокоскоростной струи жидкости с кавитационными пузырьками. Насадка включает в себя камеру подачи, имеющую входную, выходную и центральную часть с постоянной площадью поперечного сечения. Выходная часть имеет коническую форму с углом приблизительно 65-90°, более предпочтительно от 75 до 85° и оптимально около 80°. Выпускное отверстие имеет диаметр от 1,2 до 4,0 мм. При прохождении жидкости через это отверстие под давлением выше атмосферного происходит образование кавитационных пузырьков. В предпочтительном варианте осуществления изобретения центральная часть подающей камеры имеет диаметр от 12 до 50 мм. В еще одном предпочтительном варианте осуществления сопло имеет множество выпускных отверстий. В еще одном предпочтительном варианте осуществления устройство работает с возможностью упора в поверхность, подвергаемую воздействию, в результате чего получается высокая скорость струи для соударения с поверхностью под углом приблизительно 30-60° (US №4342425, 03.08.82).

Известен сопловой насадок для гидрокавитационной очистки, который содержит корпус с сопловым каналом для прохода рабочей жидкости, установленный на выходе из канала дисковый дефлектор с острой кромкой на периферии торца для возбуждения процесса кавитации. Сопловый канал выполнен в виде конфузальной кольцевой щели, образованной цилиндрической наружной и конической внутренней поверхностями, при этом на периферии торца корпуса со стороны дискового

дефлектора выполнена вторая острая кромка для усиления процесса кавитации, обе кромки образованы вершинами соосных кольцевых выступов, причем дисковый дефлектор прикреплен к торцу корпуса посредством разъемного соединения. Изобретение уменьшает габариты устройства за счет высокого гидрокавитационного воздействия (RU №2113289, 20.06.98).

Известно гидрокавитационное устройство, которое содержит корпус и выполненные в корпусе входной элемент, входной цилиндрический канал, по меньшей мере две камеры и диффузор, которые расположены соосно и последовательно по ходу жидкости и сообщены между собой. Диаметр и длина промежуточного цилиндрического канала выполнены удовлетворяющими определенным соотношениям. Введен по меньшей мере один промежуточный цилиндрический канал, расположенный между камерами. Диффузор подсоединен непосредственно к последней камере с образованием между смежными поверхностями диффузора и последней камеры острой кромки (RT №2236915, 27.09.2004).

Известна форсунка инструмента для подводной очистки, которая содержит корпус с центральным проточным каналом, образованным входным конфузуром, расширительной камерой и выходным диффузором. В корпусе этого диффузора под углом к продольной оси проточного канала выполнены каналы, которые сообщены с полостью расширительной камеры. Форсунка содержит дополнительный диффузор. Корпус дополнительного диффузора может быть установлен на корпусе форсунки с возможностью продольного перемещения вдоль него и последующей фиксации в требуемом положении. Форсунке целесообразно снабжать источником ультразвуковых колебаний, который может примыкать к расширительной камере со стороны входного конфузора. Источник ультразвуковых колебаний целесообразно выполнять в виде цилиндрической вставки с центральным каналом, внутренняя поверхность которого может быть выполнена в виде гребенки (RU №2222463, 27.01.2004).

Известно устройство для подводной очистки с помощью кавитирующей и напорной струей жидкости, при этом кавитатор состоит из проточного канала с профилем, образованным соосно расположенными и последовательно соединенными между собой входным конфузуром, цилиндрическим каналом и выходным диффузором. Кавитатор размещен в цилиндрическом канале фильтра скважины. В цилиндрическом канале кавитатора смонтирован успокоитель потока жидкости в виде ячеистого тела, состоящего из равновеликих продольных пластин, длина l_2

которых определяется соотношением $2 < l_2 < 2,6d_k$, где d_k - диаметр входной

части цилиндрического канала. Пластины образуют ячейки равной площади в количестве, кратном четным числам. Расстояние l_1 от начала цилиндрического

канала до успокоителя потока жидкости определяется соотношением $2,8 < l_1 < 3d_k$.

Расстояние l_3 от конца цилиндрического канала до успокоителя потока жидкости

определяется соотношением $2,4 < l_3 < 2,6d_k$. Входной диаметр выходного

диффузора d_d больше выходного диаметра канала. Устройство обеспечивает повышение степени кавитации и увеличение протяженности рабочей струи за счет устранения возмущающих факторов потока жидкости и улучшения его гидродинамических характеристик (RU №2258130, 10.08.2005).

Известно устройство в виде кавитационной форсунки для получения высокоскоростной струи жидкости, имеющее корпус сопла и диск сопла, который встроен в корпус сопла и находится в углублении. Корпус сопла имеет входное и выходное отверстие. На контактных поверхностях действует давление сжатия. Корпус сопла находится вокруг диска сопла в выемке таким образом, чтобы создать сжимающую нагрузку на контактных поверхностях диска сопла (US №7243865, 17.07.2007).

Известно устройство, в котором кавитационная насадка снабжена дополнительным корпусом, который охватывает корпус снаружи с образованием дополнительного канала, между наружной поверхностью корпуса и внутренней поверхностью дополнительного корпуса, который выполнен соосно с центральным проточным

каналом, соединен с источником жидкости под давлением, а корпус снабжен отверстиями, которые соединяют дополнительный канал с выходным диффузором центрального проточного канала (WO №7243865, 17.07.2007).

Известен способ гидродинамической очистки поверхностей объектов под водой и устройство для его осуществления, при котором поверхность обрабатывают струей жидкости, истекающей под давлением из устройства (возбудителя кавитации) и создающей вокруг нее активный объем в виде каверны. Образование расширенного объема каверны обеспечивают путем регулирования давления в струе и плавного изменения расстояния от выхода возбудителя кавитации до очищаемой поверхности. Данное расстояние фиксируют в качестве рабочего положения возбудителя кавитации в момент достижения максимальной пульсации гидродинамического давления в каверне струи. Устройство содержит корпус, входной конфузор, расширительную камеру, выходной диффузор и выполнено с возможностью регулирования объема расширительной камеры, в которой происходит возбуждение кавитации (RU №2376193, 20.12.2009).

Известен кавитатор, который содержит корпус с внутренней сквозной полостью, включающей входное отверстие с цилиндрическим участком и конфузуром с углом схождения α . Также кавитатор включает расширительную камеру, боковые отверстия и выходное отверстие, выполненное в виде диффузора с углом расхождения β . Внутренняя сквозная полость кавитатора содержит переходные участки, выполненные с ребристой внутренней боковой поверхностью, а цилиндрический участок входного отверстия расположен на входе кавитатора с переходом в упомянутый конфузор, выход которого связан через один из переходных участков с входом расширительной камеры, выполненной со ступенчатой формой внутренней боковой поверхности. Срединный участок расширительной камеры выполнен с максимальным диаметром по отношению к остальным ступенчатым участкам и связан с η боковыми отверстиями. При этом выход расширительной камеры связан через другой переходной участок с входом диффузора, выполненного со ступенчатой формой внутренней боковой поверхности (RU №2568467, 20.11.15).

Известна кавитационная форсунка, в которой последовательно блоку завихрителя струи включены первичный и вторичный контуры сжатия. Между контурами размещен контур Лавала. Диаметры проходных сечений отверстий элементов форсунки, возбуждающие кавитацию струи моющей жидкости, выполнены при квадратичном соотношении диаметров рабочего контура форсунки, обеспечивающем максимальную величину давления струи моющей жидкости (RU №2575033, 10.02.16).

Ближайшим аналогом предлагаемого изобретения является способ подводной гидродинамической очистки корпусов судов и устройство для его осуществления, сущность которого состоит в том, что условие возникновения кавитации в зоне очистки обеспечивают одновременным воздействием на эту поверхность струи воды и акустического излучения. Это излучение получают от акустического генератора. Последний размещают внутри рабочего органа. Этот генератор работает на энергии динамического напора самой струи. Струей воды воздействуют на очищаемую поверхность под углом не более 45° . Насадка для очистки имеет проточный канал и профиль. Последний образован соосно расположенными и последовательно сопряженными друг с другом входным конфузуром, цилиндрической и выходной частями. Цилиндрическая часть выполнена в виде резонансной камеры, а выходная часть - в виде упора. Диаметр камеры больше диаметра выходного отверстия конфузора и входного отверстия выходной части. Стенки камеры образуют с выходным отверстием конфузора и входным отверстием рупора соответственно входное и выходное сопла камеры. Она вместе с соплами образует акустический генератор. Разность диаметров сопел не более 0,3 от длины камеры. Диаметр выходного отверстия рупора не менее 0,04 длины волны основной частоты камеры. Конфузор имеет угол конусности от 10° до 20° (RU №2123957, 27.12.98). Основным недостатком данного устройства является ограниченность условий его работы водной средой. Иными словами, устройство предназначено для подводной очистки; применение его в воздушной среде ведет к снижению производительности очистки до нуля (в силу особенностей распространения кавитационного воздействия в гидродинамической струе).

Раскрытие изобретения

Задачей предлагаемого изобретения является создание устройства, выполняющего эффективную гидродинамическую очистку поверхностей как в жидкостной, так и в газовой среде с наименьшими энергозатратами.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является высокопроизводительная устойчивая и достаточная для практических задач кавитация

при возможно более малых давлениях и расходах для очистки поверхностей от техногенных и природных загрязнений как в жидкой, так и в воздушной среде.

Технический результат достигается за счет использования насадки, содержащей проточный канал с профилем, образованным соосно расположенными и последовательно сопряженными друг с другом входным конфузуром, резонансной камерой и диффузором, при этом резонансная камера представлена в виде переходного выступа, отношение площади выходного сечения конфузюра к площади сечения отверстия резонансной камеры, образующей переходной выступ, составляет 1,5-5,0 и за счет воздействия на очищаемую поверхность струей жидкости под давлением, вытекающей в жидкостной или газовой среде из насадки рабочего органа с помощью насадки по п.1.

Сущность изобретения заключается в формировании и поддержании явления микрогидроудара [неполный гидроудар] в зоне очистки за счет одновременного воздействия на очищаемую поверхность динамическим напором и кавитационным воздействием струи воды, вызывающим резонансные колебания струи воды и существенно усиливающим эффект очистки. Кавитация в струе воды происходит при истечении потока воды через насадку определенной конструкции. При этом резонансные колебания кавитирующей струи воды происходят при определенном угле и расстоянии между устройством и очищаемой поверхностью.

Отличительная и принципиальная особенность микрогидроударного эффекта, обеспечиваемого устройством, заключается в его устойчивом действии в воздушной среде, в то время как прочие устройства подобного типа устойчиво работают в водной среде, т.е. в жидкости. Кроме того, предлагаемое устройство также эффективно обеспечивает процесс гидродинамической очистки и в водной среде.

Особенность конструкции насадки заключается в наличии резонансной камеры в виде переходного выступа, при этом отношение площади выходного сечения конфузюра к площади сечения отверстия резонансной камеры, образующей переходной выступ, составляет 1,5-5,0. При его использовании формируется так называемая «зона расширения» гидродинамической струи, что обеспечивает формирование устойчивой кавитации потока жидкости в воздухе при том, что прочие устройства подобного типа формируют устойчивую кавитацию в водной среде: истечение «вода - вода».

Кавитационные явления встречаются при разных значениях давления воды и площадей проходных сечений, которые определяют скорость потока, необходимую для формирования кавитационной струи нужной интенсивности. А именно, недостаточно большое давление приведет либо к отсутствию кавитации, либо к ее быстрому вырождению в струе. Недостаточно большой диаметр проходного сечения приведет к «схлопыванию» кавитации внутри проходного сечения и, как правило, к очень быстрому износу насадки.

В результате проведенных исследований были получены оптимальные сочетания диаметров и длины каналов, что нашло отражение в показателе отношения площади выходного сечения конфузюра к площади сечения отверстия резонансной камеры, образующей переходной выступ, которое составляет 1,5-5,0. В результате устойчивая и достаточная по интенсивности кавитация внутри выходящей струи воды возникает при достаточно малом давлении - порядка 180...200 атм.

Как известно, для использования большего давления требуются и более сложные и дорогие насосные установки. Известные аналогичные устройства устойчиво работают при следующих условиях:

- либо давление воды порядка 600 атм и выше;
- либо кавитационная струя возникает внутри объема жидкости (истечение жидкость - жидкость).

В предлагаемом изобретении устойчиво работающая кавитационная струя позволяет получить необходимый эффект при давлении порядка 200 атм на воздухе (истечение вода - воздух). То есть при заданном давлении и расходе воды (параметры насосной установки) кавитация внутри выходной струи воды сохраняется в смысле устойчивости и интенсивности на всем расстоянии от насадки до очищаемой поверхности. В других случаях либо кавитация «вырождается», то есть «схлопывается» в струе до того, как достигнет очищаемой поверхности, либо интенсивность кавитации недостаточна для эффекта очистки. Не повышая давление и расход воды, предлагаемое изобретение позволяет добиться устойчивой и достаточной для практических задач кавитации при возможно более малых давлениях и расходах.

Описание чертежей

Фиг. 1 - Насадка для гидродинамической очистки, где 1 - входной конфузюр, 2 - резонансная камера в виде переходного выступа, 3 - диффузор, D - выходной диаметр

конфузора, d - диаметр сечения отверстия резонансной камеры, L - длина резонансной камеры, a и b - конусные углы конфузора и диффузора.

Фиг. 2 - Схема работы устройства: подаваемая жидкость через входной диффузор (1), резонансная камера (2), струя жидкости в диффузоре (3), угол наклона (4) к очищаемой поверхности (5), расстояние от устройства до очищаемой поверхности (6).

Описание конструкции насадки

Насадка для гидродинамической очистки содержит проточный канал с профилем, образованным соосно расположенными и последовательно сопряженными друг с другом входным конфузуром (1), резонансной камерой (2) и диффузором (3). Резонансная камера имеет вид переходного выступа, при этом отношение площади выходного сечения конфузора (D) к площади сечения отверстия резонансной камеры (d), образующей переходной выступ, составляет 1,5-5,0.

Соотношение площади поверхности к площади сечения отверстия резонансной камеры наиболее предпочтительно, составляет 0,05-40,0.

Диффузор может содержать устройство дополнительной подачи жидкости, газа или твердых частиц.

Конфузор наиболее предпочтительно имеет коническую форму и угол конусности $10-20^\circ(a)$

Диффузор наиболее предпочтительно имеет коническую форму и угол конусности $15-70^\circ(b)$.

Данные параметры получены в результате нескольких сотен экспериментов и их последующей обработки с целью поиска и описания закономерностей.

Таким образом, насадка сформирована из зоны разгона струи воды, зоны кавитации воды и зоны расширения кавитирующей струи. Зона разгона ускоряет струю воды, ее основное назначение - выровнять и стабилизировать поток воды перед входом в зону кавитации за счет его некоторого ускорения. Зона кавитации образуется резонансной камерой, которая имеет вид переходного выступа. Образующиеся пузырьки, с одной стороны, должны быть достаточно интенсивными, то есть оказывать достаточное очищающее воздействие при столкновении с поверхностью, но при этом не слишком интенсивными, чтобы не «запереть» разгонный канал, поскольку «вырождающаяся» струя являет собой простой поток кипящей пены, который интенсивно тормозится, в итоге образующиеся пузырьки схлопываются сразу после вылета из разгонного канала и нужный очищающий эффект не достигается.

Зона расширения служит для стабилизации кавитирующей струи. При выходе из разгонного канала образуется зона расширения и, соответственно, зона снижения давления, которая и предотвращает «вырождение» струи, иными словами, за счет выходного конуса получается не узкий поток воды высокого давления, а расходящийся конус. Таким образом, при столкновении кавитирующей струи с очищаемой поверхностью получается достаточно широкое пятно. Микрогидроудары в этом пятне производят обратную связь через струю воды и передают вибрацию на рабочий инструмент, по характеру вибрации можно судить об интенсивности воздействия на очищаемую поверхность. Микрогидроударный эффект, как обратная связь для оценки интенсивности кавитации, является отличительной особенностью. В то время как другие способы оценки интенсивности кавитации основаны на измерении скорости разрушения поверхности, предлагаемый способ основан на измерении величины пульсации струи, вызванной микрогидроударом по типу обратной связи.

Схема реализации способа очистки

Для гидродинамической очистки в жидкостной или газовой среде воздействуют на очищаемую поверхность струей жидкости под давлением. Подают жидкость (1), которая вытекает из насадки рабочего органа (2). Струя жидкости (3) вытекает наиболее предпочтительно, под углом $5-90^\circ$ (4) к очищаемой поверхности (5), наиболее предпочтительно, на расстоянии 5-1000 мм от устройства до очищаемой поверхности (6). Эффективность очистки можно оценивать по интенсивности вибрации насадки. Сочетание угла наклона струи и расстояния от насадки до очищающей поверхности определяется по интенсивности микрогидроударного эффекта, который воспринимается на стороне насадки как достаточно интенсивная вибрация, которая может быть оценена субъективно «сильнее - слабее», если инструмент держится рукой, или специальным тензометрическим датчиком вибрации, если инструмент смонтирован на держателе. Соответственно, изменяя угол и расстояние, по максимуму микрогидроударной вибрации можно определять максимальную интенсивность очистки.

Пример 1. Очистка труб от промышленных загрязнений (бетон).

Задача очистки буровых штанг от бурового раствора (бетонная смесь с добавками). Особенность загрязнения в том, что буровая штанга (труба по форме) забита бетонным раствором полностью, из конца в конец, при этом качество смеси очень высокое, поэтому получающаяся масса трудно поддается очистке. Очистка с применением микрогидроударного эффекта выполняется в следующей последовательности:

- устройство, использующее микрогидроударный эффект, закрепляется на специальном держателе, представляющем тонкую стальную трубу длиной 5 м,
- специальный держатель соединен с рукавом высокого давления сечением 0,25", подсоединенным к насосной установке,
- насосная установка с параметрами 500 атм - 40 л/мин, приводимая в действие автономной дизельной установкой и подсоединенная к промышленному водопроводу,
- при проведении оценки эффективности различных способов первую очистку провели насадкой в виде обычной форсунки высокого давления, применяемой для автомоек и т.п., в результате труба очищалась крайне медленно, так что оценку пришлось прекратить, поскольку не удалось продвинуться сколь-нибудь далеко, а внутренние отложения застывшего бетона очистке не поддаются,
- последующую очистку выполнили с помощью ручного устройства с использованием насадки по предложенному изобретению, с отношением площади выходного сечения конфузора к площади сечения отверстия резонансной камеры 2,76; соотношением площади поверхности к площади сечения отверстия резонансной камеры 2,11; углом конусности конфузора $14^{\circ}28'$, углом конусности диффузора 34. Время полной очистки детали составило около 20 мин, при этом внутренние отложения застывшего бетона удалены полностью. Результаты сравнения зафиксированы фото- и видеосъемкой.

Пример 2. Очистка внутренней поверхности трубы от промышленных загрязнений (химическая накипь)

Задача очистки внутренней поверхности теплообменника от загрязнения накипью битума (химическое производство). При работе теплообменника внутренняя поверхность труб с циркулирующим битумом подвергается отложению накипи в силу высоких температур, что снижает производительность теплообменника. Для решения задачи производится периодическая остановка и частичная разборка оборудования для его очистки. Особенность решения задачи в том, что сроки очистки устанавливаются крайне сжато, поскольку простой установки приводит к значительным убыткам. Поэтому производительность очистного оборудования играет решающую роль. Выполнение очистки внутренней поверхности теплообменников обычно выполняется аппаратами сверхвысокого (1000 атм) давления струей воды и механическими фрезами. При этом очистка струей воды занимает значительное время в силу низкой производительности и неполной очистки поверхности. Остатки загрязнений удаляются механическими фрезами, что вызывает износ поверхностей теплообменников и повышает вероятность их выхода из строя раньше запланированного срока, что требует крайне дорогостоящего ремонта. Очистка с применением микрогидроударного эффекта выполнена в следующей последовательности:

- очищаемый теплообменник частично разобрали и установили на поверхность, обеспечивающую свободный подход к торцевым частям (зона очистки),
- устройство по предлагаемому изобретению с отношением площади выходного сечения конфузора к площади сечения отверстия резонансной камеры 8,97; соотношением площади поверхности к площади сечения отверстия резонансной камеры 3,78; углом конусности конфузора 20° , углом конусности диффузора 36° , использующее микрогидроударный эффект, закрепили на специальном держателе, представляющем собой часть гибкий пластиковый трубопровод сечением 0,25" и длиной 5 м, позволяющий перемещать устройство для очистки внутри труб теплообменника с учетом поворотов и закруглений,
- гибкий пластиковый трубопровод подсоединили к магистральному рукаву высокого давления сечением 0,25", подсоединенному к насосной установке,
- насосная установка представляет собой мобильную насосную станцию с параметрами насоса 1000 атм - 20 л/мин и снабжена автономным дизельным приводом, а также системой водоподготовки (блок подогрева и фильтрации воды), подсоединенной к промышленной системе водоснабжения,
- при проведении оценки эффективности способа очистки первой трубы провели с насадкой в виде обычной форсунки сверхвысокого давления, а затем с насадкой в виде гидромеханической фрезы,
- последующую очистку второй - выполнили с насадкой, использующей микрогидроударный эффект, при этом гидромеханическую фрезу не использовали,

микрогидроударный эффект создавали на расстоянии 100...200 мм от поверхности,

- результаты очистки в течение нескольких минут обычной насадкой показали неполную очистку, требующую замены насадки на гидромеханическую фрезу, которая также не обеспечила полную очистку трубы,
- результаты очистки насадкой с микрогидроударным эффектом показали полную очистку трубы за время менее 1 мин, использование гидромеханической фрезы не потребовалось,
- результаты очистки оценили по выходу воды из противоположной стороны очищаемой трубы: в случае очистки обычной насадкой подаваемая вода через некоторое время начинает выбрасываться обратно (насадка упирается в непреодолимый засор), а использование гидромеханической фрезы демонстрирует слабый выход воды, означающий преодоление засора, но неполную его очистку; применение насадки с микрогидроударным эффектом по предлагаемому изобретению продемонстрировало быстрое преодоление засоров и значительный выход воды из трубы, означающий полную очистку. Результаты сравнения зафиксированы фото- и видеосъемкой.

Пример 3. Очистка детали

Задача очистки шарнира съемной опалубки от загрязнения застывшим бетоном. При работе опалубки бетон заливает шарнир и застывает. После разборки опалубки последующее использование шарнира невозможно без предварительной очистки. Выполнение поверхностной очистки обычными аппаратами высокого давления занимает очень долгое время, полная очистка детали невозможна. Выполнение полной очистки механическими способами вызывает повреждение оцинкованной поверхности детали, последующую ее коррозию и быстрое пришествие в негодность. Очистка с применением микрогидроударного эффекта выполнили в следующей последовательности:

- очищаемую деталь установили и надежно закрепили во избежание перемещений в месте, не чувствительном к водяным брызгам,
- устройство по предлагаемому изобретению с отношением площади выходного сечения конфузора к площади сечения отверстия резонансной камеры 5,49; соотношением площади поверхности к площади сечения отверстия резонансной камеры 2,69; углом конусности конфузора 20°, углом конусности диффузора 35°, с расстоянием устройства 100...200 мм от поверхности, под углом к очищаемой поверхности 45...80° закрепили на ручном держателе, представляющем собой кран в форме пистолетной рукоятки и удлинитель с креплением устройства,
- ручной держатель соединили с насосной установкой рукавом высокого давления сечением 0,5",
- насосная установка представляет собой мобильную насосную станцию с параметрами насоса 170 атм - 70 л/мин и снабжена автономным дизельным приводом и баком для воды объемом 1000 л,
- при проведении оценки эффективности способа первую очистку выполнили ручным устройством с насадкой в виде обычной форсунки высокого давления, применяемой для автомоек и т.п.,
- последующую очистку выполнили ручным устройством с насадкой, использующей микрогидроударный эффект на расстоянии 100...200 мм от поверхности,
- оценку работы насосной установки проводили по манометру и замеру расхода воды в мерной емкости (замеряется время наполнения лабораторной 20-литровой бутылки с использованием насадки),
- результаты очистки в течение нескольких минут обычной форсункой показывают, что деталь очищена частично, а внутренние отложения застывшего бетона, препятствующие работе детали, очистке не поддаются,
- результаты очистки насадкой, использующей микрогидроударный эффект, показали время полной очистки детали около 1 мин, при этом внутренние отложения застывшего бетона удалились полностью, подвижность детали восстановилась. Результаты сравнения зафиксированы фото- и видеосъемкой.

Таким образом, использование предложенной насадки, использующей микрогидроударный эффект, позволяет добиться эффективной очистки поверхностей от техногенных и природных загрязнений при малых давлениях и расходах, в том числе и в воздушной среде.

Формула изобретения

1. Насадка для гидродинамической очистки, содержащая проточный канал с профилем, образованным соосно расположенными и последовательно сопряженными

друг с другом входным конфузуром, резонансной камерой и диффузором, отличающаяся тем, что конфузор и диффузор соединены резонансной камерой в виде переходного выступа, при этом отношение площади выходного сечения конфузора к площади сечения отверстия резонансной камеры, образующей переходной выступ, составляет 1,5-8,97.

2. Насадка для гидродинамической очистки по п. 1, отличающаяся тем, что соотношение площади поверхности к площади сечения отверстия резонансной камеры составляет 0,05-40,0.

3. Насадка для гидродинамической очистки по п. 1, отличающаяся тем, что диффузор содержит устройство дополнительной подачи жидкости, газа или твердых частиц.

4. Насадка для гидродинамической очистки по п. 1, отличающаяся тем, что конфузор имеет коническую форму.

5. Насадка для гидродинамической очистки по п. 4, отличающаяся тем, что конфузор имеет угол конусности 10-20°.

6. Насадка для гидродинамической очистки по п. 1, отличающаяся тем, что диффузор имеет коническую форму.

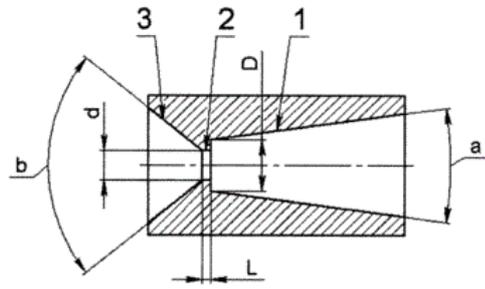
7. Насадка для гидродинамической очистки по п. 6, отличающаяся тем, что диффузор имеет угол конусности 15-70°.

8. Способ гидродинамической очистки, заключающийся в воздействии на очищаемую поверхность струей жидкости под давлением, вытекающей из насадки рабочего органа, отличающийся тем, что воздействие осуществляют с помощью насадки по п. 1 струей жидкости, вытекающей из устройства в жидкостной или газовой среде.

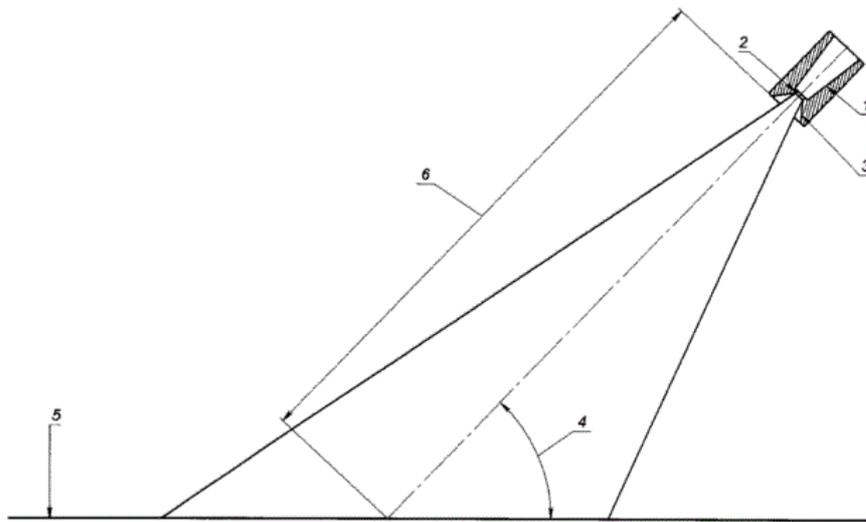
9. Способ гидродинамической очистки по п. 8, отличающийся тем, что струя жидкости вытекает под углом 5-90° к очищаемой поверхности.

10. Способ гидродинамической очистки по п. 8, отличающийся тем, что струя жидкости вытекает на расстоянии 5-1000 мм от насадки до очищаемой поверхности.

11. Способ по п. 8, отличающийся тем, что эффективность очистки оценивают по интенсивности вибрации насадки.



Фиг. 1



Фиг. 2