

М. А. Таймаров, М. Р. Шарипов, А. Р. Хаертдинова,
П. Г. Акпарсов

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К СЖИГАНИЮ ВОДОМАЗУТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Ключевые слова: кавитатор, геликоидные каналы, диффузор, конфузор.

В данной статье представлено устройство для генерации кавитационных явлений для последующего их использования в кавитационных технологиях, связанных с переработкой вязкой нефти, нефтепродуктов, каменноугольной смолы, а также в разработках гидродинамических теплогенераторов.

Keywords: cavitator, helical pattern channels, diffuser, confuser.

This article presents the device for generation of cavitation phenomena for their subsequent use in cavitation technologies related to processing of viscous oil, oil products, coal tar, as well as in the development of hydrodynamic generator.

Введение

Статические гидродинамические кавитаторы применяются для интенсификации процессов приготовления различных композиций в химической, нефтехимической, пищевой, целлюлозно-бумажной и других отраслях промышленности. Принцип работы таких смесителей основан на нестационарности потоков жидкости и на активных гидродинамических эффектах воздействия на обрабатываемые вещества. Статические гидродинамические кавитаторы предназначены для структурных преобразований жидкости на микро- и наноуровне с целью изменения ее физико-химических параметров, интенсификации массообменных и гидромеханических процессов. Обработка жидкости в кавитаторе осуществляется за счет импульсного многофакторного воздействия: вихреобразования, микромасштабных пульсаций давления, интенсивной кавитации, ударных волн и нелинейных гидроакустических эффектов. Кавитатор осуществляет преобразование энергии низкой концентрации в энергию высокой локальной концентрации в неустойчивых точках структуры вещества. Пространственная и временная концентрация энергии позволяет получить большую мощность импульсного энергетического воздействия, совершить энергетическую накачку, высвободить внутреннюю энергию вещества, инициировать многочисленные квантовые, каталитические, цепные, самопроизвольные, лавинообразные и другие энергонасыщенные процессы. У большинства кавитаторов есть недостатки, а именно:

1. Торможение потока жидкости завихряющим пластинчатым элементом вызывает уменьшение скорости потока и снижает кавитационный эффект.

2. Невозможность достижения высокого кавитационного эффекта из-за ограничения скоростей потока жидкости, которые могут быть достигнуты в сужающем элементе в виде сопла.

Указанные недостатки устранены в заявляемой статье, которая направлена на решение задачи повышения кавитационного эффекта.

Экспериментальная часть

Поставленная задача решается путем применения спиральных геликоидных сужающихся каналов двойного закручивания, движение жидкости

по которым сопровождается резким увеличением скорости и возрастанием кавитационного эффекта.

Конструкция устройства показана на рис. 1-3, где позициями обозначены следующие элементы: 1 - конфузор, 2 - диффузор, 3 - сопло, 4 - обтекатель, 5 - спиральные геликоидные каналы, 6 - основные выступы геликоидных каналов, 7 - дополнительные выступы геликоидных каналов, 8 - направление вращения основного вихря, 9 - направление вращения дополнительного вихря, 10 - направления закрутки спиральных геликоидных каналов, 11 - входной патрубок, 12 - выходной патрубок.

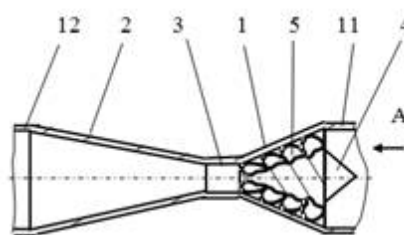


Рис. 1 – Конструкция устройства

Вид А
увеличено

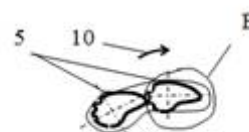


Рис. 2 – Спиральные геликоидные каналы

Вид Б
увеличено

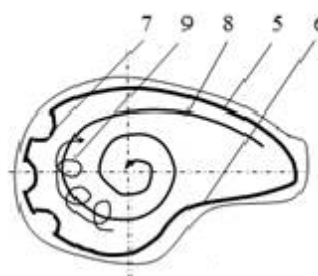


Рис. 3 – Конструкция устройства, вид Б

Назначение и взаимодействие элементов следующее.

Конфузор 1 (см. рис. 1) служит для постепенного сужения площади общего проходного сечения потока жидкости, подаваемой в сопло 3 из входного патрубка 11.

Сопло 3 служит для формирования соосного направления движения потока жидкости относительно поперечного сечения диффузора 2.

Диффузор 2 является непосредственным элементом, в котором возникает кавитация в потоке жидкости, выходящей с высокой скоростью из сопла 3.

Кавитация – это образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков или каверн), заполненных паром. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости в диффузоре 2, которое происходит из-за увеличения её скорости. Перемещаясь с потоком в область выходного патрубка 12 с более высоким давлением, кавитационная полость захлопывается, излучая при этом ударную волну с выделением теплоты.

В устройстве обтекатель 4 служит для предварительного увеличения скорости жидкости и для периферийного подвода жидкости из входного патрубка 11 к входу в спиральные геликоидные каналы 5, которые предназначены для разделения потока жидкости на отдельные струи и для последующего увеличения скорости движения этих струй путем двойного винтообразного закручивания.

Обтекатель 4 (см. рис. 1) в зависимости от назначения кавитатора может быть выполнен в форме круглого прямого конуса, усеченного прямого конуса, гиперболоида, параболоида. На рис. 1 обтекатель 4 показан в виде круглого прямого конуса.

Геликоидные каналы 5 выполнены сужающимися по ходу движения жидкости и одновременно расположены винтообразно на конической поверхности (на рис. 1 прямая коническая поверхность позицией не обозначена) с направлением винтообразной закрутки, обозначенной позицией 10 (см. рис. 2). Винтообразная закрутка 10 выполнена сходящейся к вершине конической поверхности (на рис. 1 ось конической поверхности позицией не обозначена). Одновременно уменьшается площадь ее проходного сечения. Поэтому в струе жидкости возникает центробежная сила, которая увеличивает скорость движения жидкости в струе.

Число геликоидных каналов от 2 до 10 штук в зависимости от типа жидкости и величин расхода и давления, с которыми подается жидкость насосом.

Форма геликоида канала 5 имеет соотношение малой и большой осей 0,47...0,75, а внутренний плавный выступ 6 (рис. 3) по форме выполнен в виде геометрической поверхности второго порядка с острого конца геликоида.

Вместо конической поверхности, на которой винтообразно размещены геликоидные каналы 5, в зависимости от назначения кавитатора, может быть использована гиперболическая поверхность.

Шаг закрутки спиральных геликоидных каналов 5 по конической поверхности переменный и увеличивается по мере увеличения длины канала. Перед выходом в сопло 3 закрутка спиральных геликоидных каналов минимальна. Число витков каналов 5 вокруг конической поверхности составляет от 1,5 до 2,5 в зависимости от назначения кавитатора.

Внутренние выступы 6 (см. рис. 3) служат закручивания струй в направлении 8, которое противоположно направлению закрутки геликоидных каналов 5 вокруг оси конической поверхности. Вращающийся вихрь 8 предназначен для создания области понижения давления жидкости по ходу ее продвижения по каналу 5, что позволяет увеличивать скорость потока жидкости в струе.

Дополнительные внутренние выступы 7 (см. рис. 3) служат для возбуждения дополнительных вихрей 9, которые представляют собой своеобразные «жидкостные подшипники» для уменьшения трения, на которых перемещается основная струя жидкости с направлением вращения 8.

Выступы 6 и 7 вместе с острым концом геликоида (на рис. 3 острый конец позицией не обозначен) закручены винтообразно по длине геликоида. Длина геликоида по наибольшей оси равна 0,45...0,65 от шага винтообразной наливки выступов. Острый конец геликоида (на рис. 3 позицией не обозначен) через 0,45...0,65 от шага наливки располагается на месте тупого конца геликоида, то есть происходит поворот геликоида на 180°. Таким образом, шаг закрутки геликоида и внутренних выступов вокруг оси геликоидного канала составляет 0,9...1,3 от наибольшей оси геликоида.

Закрутка выступов 6, 7 (на рис. 3 позицией не обозначена) противоположна направлению закрутки каналов 10 и совпадает с направлением вращения основного вихря 8. При этом, как указано выше, непосредственно геликоидный канал 5 закручен в направлении 10 по конической поверхности (на рис. 1 коническая поверхность позицией не обозначена) с числом витков от 1,5 до 2,5. Двойная закрутка приводит к тому, что на участке последнего витка в геликоидных каналах 5 струи жидкости достигают предельной скорости «по растяжению жидкости» без дополнительного повышения давления жидкости во входном патрубке 11. Целостность ее потока нарушается уже на выходе из геликоидных каналов 5 и образуются парообразные полости уже на входном участке сопла 3. Кавитационный эффект повышается только за счет двойной закрутки струй жидкости в каналах 5 без дополнительного повышения давления, развиваемого насосом.

Устройство работает следующим образом. При использовании кавитатора в качестве узла гидравлического теплогенератора вода или ее смесь с растворенными в ней химическими веществами под давлением 10...18 кг/см² и при расходе 1...2 м³/ч насосом подается через патрубок 11 (см. рис. 1-3) на вход геликоидных каналов 5.

За счет обтекателя 4 достигается ускорение потока перед входом в каналы 5. Двигаясь по каналам 5, жидкость дважды закручивается: спирально

за счет выступов 6 и винтообразно за счет навивки каналов 5 по конусообразной поверхности. За счет центростремительных сил и сужения площади поперечного сечения каналов происходит возрастание скорости движения потока жидкости в каналах. Дополнительное возрастание скорости движения потока жидкости происходит за счет уменьшения сил трения вследствие «проскальзывания» вращающейся струи 8 по дополнительному вихреобразному турбулентному слою 9.

Двойное закручивание струй в геликоидных каналах 5 за счет спиралевидной закрутки каналов в направлении 10 и закрутки выступов 6,7 в каналах. На выходе из каналов жидкость испытывает максимальные растяжения, и образуются первичные кавитационные пузырьки.

При прохождении жидкости через сужение сопла 3, а затем при расширении в диффузоре 2 в потоке жидкости возникают вихреобразования, отрывные течения и кавитация.

При этом жидкость в на выходе из сопла 3 и диффузоре 2 подвергается пониженному давлению ниже «напряжения растяжения», тогда целостность ее потока нарушается, и образуются парообразные полости. Давление жидкости падает ниже величины, соответствующей давлению насыщения при данной окружающей температуре и жидкость переходит в другое состояние, образуя фазовые пустоты, которые называются кавитационными пузырьками.

Для воды максимальное растяжение очищенной воды при 10°C составляет 280 кг/см². Разрыв возникает при давлениях лишь немного меньших давления насыщения пара.

После перехода жидкости в диффузоре 2 в зону повышенного давления и исчерпания кинетической энергии расширяющейся жидкости рост пузырька прекращается, и он начинает сокращаться.

Сокращение кавитационного пузырька происходит с большой скоростью и сопровождается звуковым импульсом, по своей сути который является гидравлическим ударом. В результате схлопывания кавитационных газовых пузырьков высвобождается аномальная тепловая энергия жидкости в небольших объемах с образованием ударных волн. За счет этого образуются места повышенной темпе-

ратуры жидкости до 800 °C, то есть происходит тепловыделение.

Чем выше давление жидкости на входе кавитатора и выше скорость жидкости на входе в сопло 3, тем мощнее кавитация и тем больше тепла образуется, тем эффективнее кавитатор.

Преобразования кинетической энергии жидкости в тепловую энергию происходит также путем трибозффекта, который, по сути, является нагревом жидкости теплотой, выделяющейся при торможении потока.

Нагретая жидкость используется в тепловых генераторах для целей отопления и горячего водоснабжения, а также в производственных технологических процессах.

После передачи теплоты в нагревательных устройствах жидкость насосом подается снова в кавитатор и процесс повторяется. Кавитатор является тепловым трансформатором, в котором энергия гидродинамического давления движущейся струи жидкости, полученная в насосе, превращается за счет кавитации в тепловую энергию. Электрическая мощность привода насоса для получения кавитационного нагрева жидкости по этой схеме должна быть соизмерима с вырабатываемой тепловой мощностью.

Литература

1. Таймаров М.А. Повышение эффективности работы энерготехнологических печей. Монография. *Научное издание. Казань, КГЭУ, 2010. 108 с.*
2. Таймаров М.А., Сафин Р.Г. Форсунка для сжигания обводнённого мазута. Вестник Казанского Технологического Университета Herald of Kazan Technological University, 2012, Т. 15, №16, с.144-14
3. Тимербаев Н.Ф., Сафин Р.Г., Садрутдинов А.Р. Моделирование процесса очистки дымовых газов, образованных при сжигании органических отходов. Вестник КТУ, 2010, №11, с.243-246
4. Тимербаев Н.Ф., Сафин Р. Г., Хисамеев А.Р. Газификация органических топлив. Вестник КТУ, 2011, №1, с.326-329
5. Таймаров М.А., Акпарсов П.Г., Усовершенствование форсунки для повышения эффективности сжигания топлива, Вестник КТУ, 2013, №22, с 261-264