

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАСАДКА ДЛЯ КАВИТАЦИОННОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

Фомин Д. К., Пастухов Е. Ю., Трояновский А. В.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель, Республика Беларусь, dima.fomin1997@list.ru, pasxoff.zh7@mail.ru, Troyanovski.alexey@yandex.ru

Научный руководитель – Вострова Р.Н., к. т. н., доцент.

One of modern methods of water purification is its cleaning with cavitation

Одной из основных задач охраны окружающей среды является использование безреагентных методов очистки воды, которые не загрязняют природную среду химическими веществами. Одним из перспективных методов очистки воды является кавитационная обработка воды [1].

Действие кавитации на воду приводит к изменению ее физико-химических свойств: увеличению рН, электропроводности воды, увеличению числа свободных ионов и активных радикалов; структуризации и активации молекул; способствует образованию химически активных радикалов, окислению примесей органического и неорганического происхождения [2].

Явление кавитации известно в технике уже больше сотни лет, как явление образования в жидкости полостей, кавитационных пузырьков, или каверн. Гидродинамическая кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить при увеличении её скорости.

Далее, при снижении скорости, в результате увеличения площади сечения потока и давления пузырьки «схлопываются», при этом создается микро-гидроудар.

Кавитационные пузырьки образуются за счёт скоростного разрыва потока, давление в них близко к нулю. Так, для воды при 17°С это давление соответствует всего 15 мм. рт. ст., менее 0,02 атм [3]. Кавитационный пузырёк за время своей жизни проходит две важнейшие стадии – рост и схлопывание. Максимальная скорость передачи механических воздействий в жидкости определяется скоростью распространения в ней звука, скорость схлопывания не должна превысить скорость звука.

Оценка по формуле Н. Е. Жуковского для воды определяет давление в точке схлопывания примерно около 40000 атмосфер, что соответствует напору водяного столба высотой 400 км. Это на один-три порядка превышает пределы прочности почти всех известных материалов, включая сталь, – как на сжатие, так и на растяжение [1].

Температура в центре схлопнувшегося пузырька в результате адиабатического сжатия намного превышает температуру основной жидкости и достигает десятков и сотен градусов в зависимости от условий схлопывания. При изучении схлопывания пузырьков исследователи пришли к выводу: чтобы достичь наиболее экстремальных условий при схлопывании

кавитационного пузырька – максимально возможных давления и температуры, – температура жидкости, в которой этот пузырёк образуется, должна быть как можно ниже [3].

При кавитационном воздействии на воду разрушаются коллоиды и частицы, внутри которых содержатся бактерии и болезнетворные организмы. Обеззараживающее действие кавитации прямо пропорционально ее интенсивности, кратности и времени обработки воды.

При интенсивном воздействии ударных волн в водных растворах было показано уменьшение численности в тысячи раз представителей семейства Enterobacteriaceae – бактерий Echerichiacoli и Salmonellasp [2].

Задачей исследований является определение параметров насадка в котором необходимо создать явление кавитации при некоторых заданных начальных условиях.

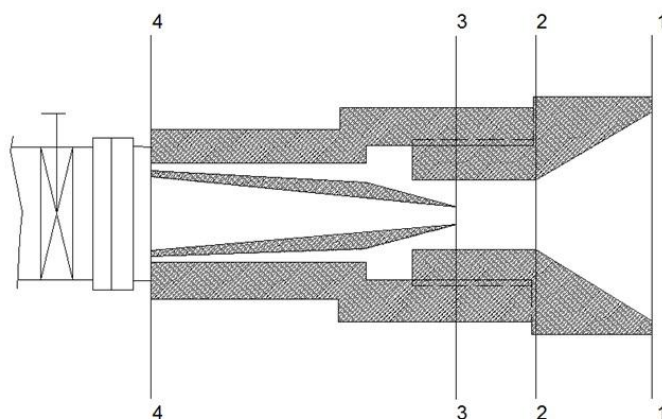


Рисунок 1 – Схема кавитационного насадка

Определим диаметр насадка d_3 в сечении 3-3 при:

расходе подаваемой жидкости $Q = 0,04 \text{ м}^3/\text{с}$;

диаметре на входе $d_4=0,2 \text{ м}$;

плотности воды $\rho = 998 \text{ кг/м}^3$;

коэффициенте местного сопротивления $\varepsilon = 0,092$.

Коэффициент Кориолиса при турбулентном режиме примем $\alpha = 1$.

Скорость движения жидкости в сечении 4-4

$$V_4 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_4^2} = \frac{4 \cdot 0,04}{3,14 \cdot 0,2^2} = 1,27 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad (1)$$

Определим диаметр в сечении 3-3, при котором возникнет явление кавитации

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_3}}, \text{ м.} \quad (2)$$

Свяжем уравнением Бернулли сечение 4-4 и 3-3, линию сравнения 0-0 разместим по оси насадка

$$\frac{p_4}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha \cdot V_4^2}{2 \cdot g} = \frac{p_3}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha \cdot V_3^2}{2 \cdot g} + \varepsilon \cdot \frac{V_3^2}{2 \cdot g}. \quad (3)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Скорость в сечении 3-3 найдём из уравнения

$$V_3 = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \varepsilon}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(\frac{p_4 - p_{н.п.}}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha \cdot V_4^2}{2 \cdot g} \right)}; \quad (4)$$

$$V_3 = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,092}} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{200000 - 3170}{998 \cdot 9,81} + \frac{1,27^2}{2 \cdot 9,81} \right)} = 19 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Тогда, диаметр в сечении 3-3 можно определить из зависимости (3)

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,04}{3,14 \cdot 19}} = 0,0517 \text{ м.}$$

Определить зависимость величины диаметра d_3 от давления на входе в насадок (в сечении 4-4) можно, задаваясь значениями давления и производя расчёт для диаметра, результаты расчёта приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчёта зависимости диаметра d_3 от давления p_4

| p_4 , атм | p_4 , Па | V_3 , м/с | d_3 , м |
|-------------|------------|-------------|-----------|
| 1 | 100000 | 13,38569 | 0,061699 |
| 2 | 200000 | 19,04453 | 0,051726 |
| 3 | 300000 | 23,37116 | 0,046693 |
| 4 | 400000 | 27,01349 | 0,043432 |
| 5 | 500000 | 30,21995 | 0,041063 |
| 6 | 600000 | 33,11741 | 0,039225 |

По результатам расчёта построим зависимость требуемого для создания явления кавитации диаметра в сечении 3-3 от давления на входе в насадок.

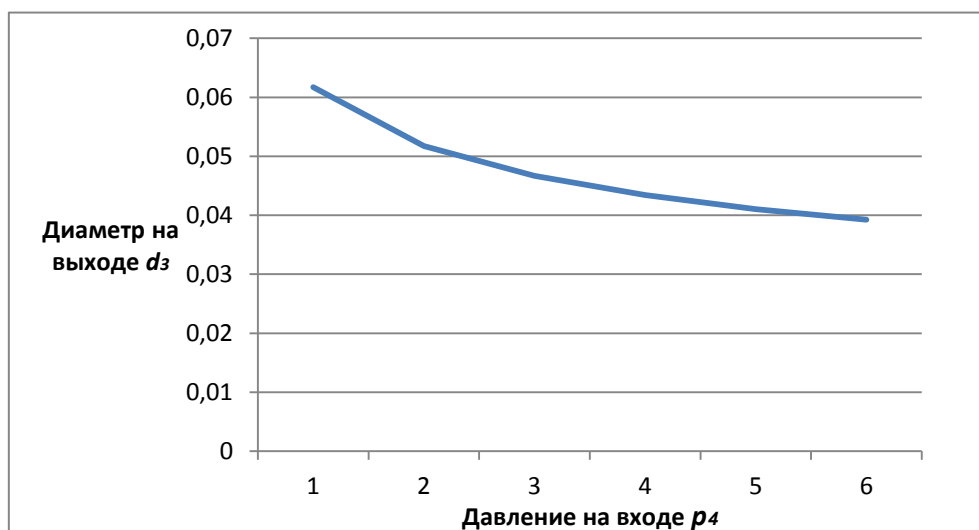


Рисунок 2 – Зависимость диаметра насадка в сечении 3-3 от давления в сечении 4-4

Таким образом, полученная зависимость позволит варьировать параметрами кавитационного насадка при изменяющемся давлении на входе, при условии возникновения явления кавитации в сечении 3-3.

Метод кавитационного обеззараживания жидкостей можно также эффективно применять при очистке сточных вод предприятия, городских очистных сооружений, санации воды бассейнов, регенерации смазочно-охлаждающих жидкостей и других жидкостей, с которыми контактирует человек или производится их слив в окружающую среду.

Список использованных источников

1. Прохасько, Л.С. Применение гидродинамических кавитационных устройств для процессов водоочистки. // Международная научно-практическая конференция «Чистая вода – 2009»: сб. науч. тр. Кемерово: КТИПП, 2009. С. 460–464.
2. Промтов, М.А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов. // Вестник Тамбовского гос. техн. ун-та. 2008. Т. 14. № 4. С. 861–869.
3. <http://khd2.narod.ru/hydrodyn/cavitat.htm>.

УДК 551.492

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ

Шоломицкая И.М.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, irinasholomitskaya20@mail.ru
Научный руководитель – Шпока И.Н., к.г.н., доцент.

The work considers the use of water resources in Belarus industries. The analysis of temporal variability of the use of water resources in various industries is performed. The assessment is made on the overall water intake indicator, both in the Republic of Belarus as a whole and each region individually.

Введение

Водные ресурсы являются достоянием каждого государства, Беларусь не исключение. Ежегодно промышленность и сельское хозяйство используют как поверхностные, так и подземные воды. В большинстве отраслей промышленности вода используется в технологических процессах производства. В каждой отрасли существуют свои нормативные показатели по качеству и количеству использования водных ресурсов.

На основании сводных данных по использованию водных ресурсов государственного водного кадастра Республики Беларусь, а также экологического бюллетеня за 2010-2015 года, рассматривается изменение объемов годового использования воды в промышленных целях.

Обсуждение вопроса

В 2015 г. объём добычи подземных вод и изъятия воды из водных объектов в Беларуси сократился по сравнению с предыдущим годом и составил 1448 млн. м³, в том числе добыча подземных вод – 845 млн. м³, из поверхностных водных объектов – 603 млн. м³ воды (таблица 1) [1].