

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ГИДРОДИНАМИКУ В ГИДРОЦИКЛОНЕ

Савчук В.А., Валеев С.И.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г.Казань*

Ключевые слова: гидроциклон, закрутка, турбулентность, давление, разгрузочное отношение.
Аннотация. Проведено исследование зависимости эффективной вязкости от разгрузочного отношения по радиусу и высоте в цилиндрическом гидроциклоне для разделения эмульсий с малым содержанием легких примесей. Данные исследования позволяют сделать вывод, что эффективная вязкость в цилиндрическом гидроциклоне возрастает с увеличением разгрузочного соотношения.

INFLUENCE OF DESIGN PARAMETERS ON HYDRODYNAMICS IN A HYDROCYCLONE

Savchuk V.A., Valeev S.I.

Kazan National Research Technological University, Kazan

Keywords: hydrocyclone, swirl, turbulence, pressure, unloading ratio.

Abstract. The study of the dependence of the effective viscosity on the discharge ratio along the radius and height in a cylindrical hydrocyclone for the separation of emulsions with a low content of light impurities has been carried out. These studies allow us to conclude that the effective viscosity in a cylindrical hydrocyclone increases with an increase in the unloading ratio.

Закрутка потока широко используется для интенсификации рабочих процессов машин и аппаратов в различных отраслях промышленности [1-5].

С помощью закрученных потоков интенсифицируют процессы разделения гетерогенных систем эмульсионного типа. В настоящее время это разделение производят в резервуарах-отстойниках большого объема. В отстойниках работающим фактором является сила тяжести, обусловленная разностью в плотностях разделяемых фаз. Как показывают многочисленные исследования использовать эту разницу в плотностях целесообразней в центробежном поле, где величина фактора разделения на несколько порядков выше, чем в поле гравитации. Наиболее простыми по конструкции и дешевыми аппаратами, использующие действие центробежной силы, являются напорные гидроциклоны. Они компактны, обладают высокой производительностью и несложные в эксплуатации [1,3,5-7].

Гидроциклоны работают в развитом турбулентном режиме, характеризующемся интенсивными турбулентными пульсациями. При описании гидродинамики гидроциклонов исходят из системы уравнений Навье-Стокса дополненных уравнением неразрывности. Математическая модель процесса разделения в гидроциклоне может быть приближена к реальным условиям введением в уравнения Навье-Стокса эффективной вязкости $\nu_{\text{э}} = \nu + \nu_{\text{Т}}$ [2,4,6,8,9].

Расчет эффективной вязкости $\nu_{\text{э}}$ проводился для цилиндрического гидроциклона, имеющего основные геометрические размеры: $D= 50$ мм, $\frac{d_{\text{в.сл.}}}{d_{\text{н.сл.}}} = 0.27$, через верхний слив отводилось 5.03 % от общего расхода.

Соотношение $\frac{d_{\text{в.сл.}}}{d_{\text{н.сл.}}}$ выбиралось исходя из требований к конструкции гидроциклона предназначенного для разделения эмульсий с самым содержанием легких примесей (около 1%), к которым относятся нефтесодержащие сточные воды промышленных предприятий [2,4,7,8,10].

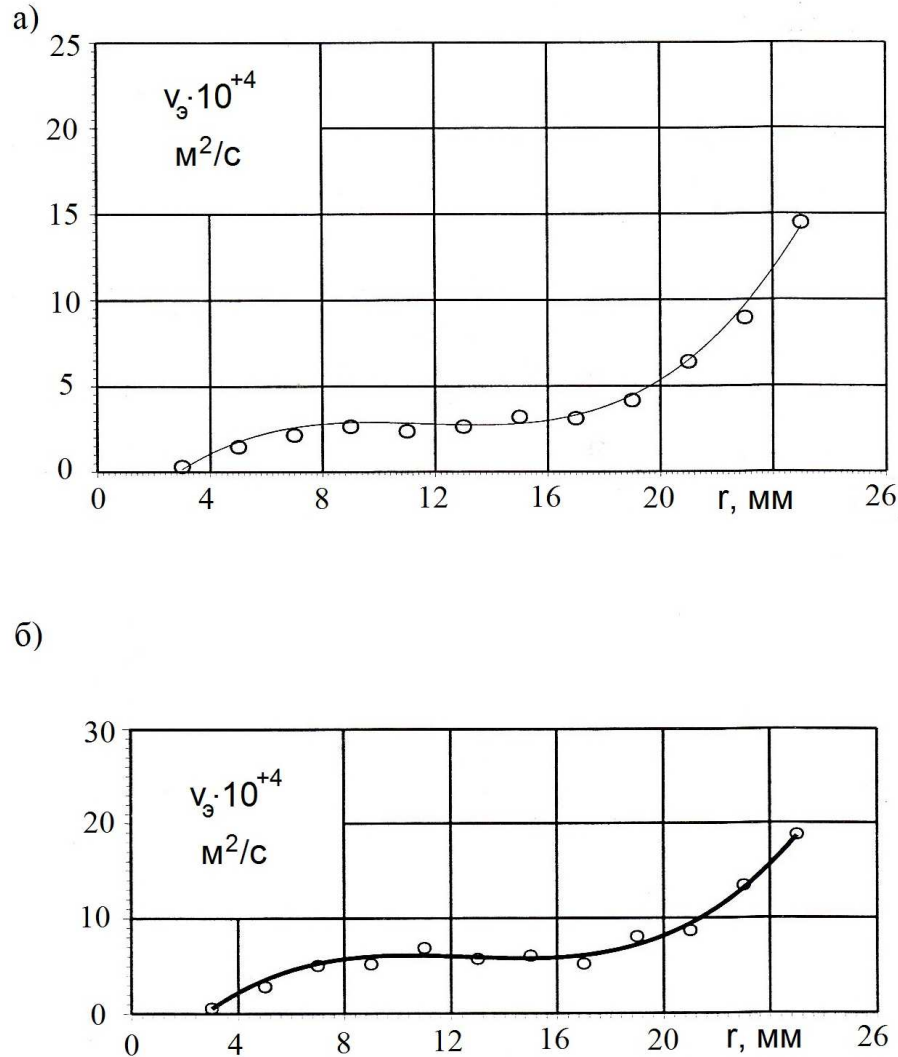


Рис. 1. Распределение эффективной вязкости в цилиндрическом гидроциклоне

Расчет основной составляющей эффективной вязкости $\nu_{\text{э}}$ - коэффициента турбулентной вязкости $\nu_{\text{Т}}$ проводился по известному уравнению с использованием ранее полученных данных [3,6,9].

Полученные профили эффективной вязкости $\nu_{\text{э}}$ по радиусу и высоте в цилиндрическом гидроциклоне показаны на рис. 1а. На графике показаны только осредненные значения полученных величин. Из анализа полученных результатов по распределению эффективной вязкости $\nu_{\text{э}}$ (рис. 1) можно выделить три зоны

изменения $\nu_{\text{э}}$ по радиусу гидроциклона: приосевую, центральную и пристенную. В центральной зоне значения $\nu_{\text{э}}$ практически остаются постоянными. В пристенной зоне величина $\nu_{\text{э}}$ резко возрастает достигая максимального значения около стенки аппарата. Возрастание численных значений $\nu_{\text{э}}$ непосредственно в приосевой зоне по радиусу от центра к периферии обусловлено влиянием воздушного столба.

На рис. 16 представлены графики эффективной вязкости $\nu_{\text{э}}$ в цилиндрическом гидроциклоне $D= 50$ мм, $\frac{d_{\text{в.сл.}}}{d_{\text{н.сл.}}}=0.45$, через верхний слив отводилось 10.4 % от общего расхода.

Полученные результаты показали, что в объеме данного цилиндрического гидроциклона, так же как и описанного выше ($\frac{d_{\text{в.сл.}}}{d_{\text{н.сл.}}}=0.27$) имеется три явно выраженные зоны изменения эффективной вязкости $\nu_{\text{э}}$ по радиусу гидроциклона. В центральной зоне значения $\nu_{\text{э}}$, как и в предыдущем гидроциклоне практически постоянны, но значительно выше, что связано с увеличением расхода через верхний сливной патрубок.

В пристенной зоне происходит возрастание $\nu_{\text{э}}$, в этой зоне мы имеем распределение эффективной вязкости $\nu_{\text{э}}$ во вращающемся нисходящем потоке, в котором в основном происходит разделение фаз. Третья характерная зона находится во внутреннем восходящем потоке.

Из полученных результатов видно, что в объеме цилиндрического гидроциклона происходит стабилизация эффективной вязкости $\nu_{\text{э}}$ в некоторый постоянный профиль по высоте аппарата. Разгрузочное отношение $\frac{d_{\text{в.сл.}}}{d_{\text{н.сл.}}}$ при прочих постоянных геометрических размерах оказывает сильное влияние на величину эффективной вязкости $\nu_{\text{э}}$. Как видно с увеличением разгрузочного соотношения эффективная вязкость $\nu_{\text{э}}$ возрастает в гидроциклоне, что отрицательно сказывается на процессе разделения эмульсий.

Список литературы

1. Валеев С.И. Технология очистки сточных вод систем оборотного водоснабжения / С.И. Валеев, В.А. Савчук // Современные проблемы теории машин. – 2019. – №7. – С. 55-57.
2. Валеев С.И., Гидродинамика цилиндрического гидроциклона для разделения эмульсий с малым содержанием легких примесей / С.И. Валеев, Д.Ю. Верин, В.А. Булкин // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17. № 6. С. 142-143.
3. Валеев С.И. Очистка сточных вод в гидроциклонах систем оборотного водоснабжения: дисс. ... канд. техн. наук. Казань, 2000. 156 с.
4. Лесин А.В. Перспективы развития разделения суспензий и эмульсий в гидроциклонах / А.В. Лесин, С.И. Валеев, В.А. Булкин // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т.18, № 10. – С. 55-57.

5. Мустафаев А.М. Гидроциклоны в нефтедобывающей промышленности / А.М. Мустафаев, Б.М. Гутман. – М.:Недра, 1981. – 260 с.
6. Терновский И.Г. Гидроциклонирование / И.Г. Терновский, А.М. Кутепов. –М.: Наука, 1994. – 350 с.
7. Хамизуллин Ф.Ф. Применение гидроциклонов в химической и нефтехимической промышленности / Ф.Ф. Хамизуллин, С.И. Валеев // Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология. Пятая Всероссийская студенческая научно-техническая конференция. – Казань: КНИТУ, 2018. – С. 212-215.
8. Валеев С.И. Гидродинамика цилиндрических и цилиндроконических гидроциклонов с малым расходом через верхний слив / С.И. Валеев, Н.И. Степанов, Н.В. Иванов, В.А. Булкин // Вестник Казанского технологического университета. 1998. № 2. С.56.
9. Верин Д.Ю. Гидродинамика цилиндроконического гидроциклона для разделения эмульсий с учетом эффективной вязкости / Д.Ю. Верин, С.И. Валеев, В.А. Булкин // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т.15. № 15. С. 117-118.
10. Валеев С.И. Выбор метода измерения для исследования полей скоростей и давления гидроциклона / С.И. Валеев, Д.Ю. Верин, В.А. Булкин // Вестник Казанского технологического университета. 2013.Т.16. № 15. С. 292-293.

Сведения об авторах:

Савчук Владимир Александрович – аспирант, КНИТУ, г.Казань;

Валеев Сергей Ильдусович – к.т.н., доцент, КНИТУ, г. Казань.