

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ПУТИ ЧАСТИЦ В ЗАКРУЧЕННОМ ПОТОКЕ

Мельник О. С. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры г. Одесса)

Описан подход к определению протяженности закрученного потока имеющего вид объёмной спирали с переменным шагом, на примере конического гидроциклона. Использована физическая модель процесса, учитывающая гидродинамику потоков в аппарате. Получена аналитическая зависимость для определения длины пути частиц выделяемых в шлам.

Закрученные потоки воды в гидротехнических сооружениях применяются для интенсификации гашения энергии и защиты от кавитационных воздействий [1].

Гидроциклоны – аппараты, использующие закрутку входящего потока и действие силы инерции, и центробежные силы. Эти аппараты используются в технологических процессах различных отраслей хозяйствования как осветлители, сгустители и классификаторы.

В 1929 г. выдан патент на аппарат, который по конструкции и принципу действия является – гидроциклоном [2]. К настоящему времени по конструированию, исследованию и применению, только гидроциклонов насчитывается более 700 названий статей, монографий, диссертаций, патентов и авторских свидетельств [3].

Ряд существенных преимуществ напорных гидроциклонов по сравнению с традиционными сооружениями механической очистки суспензий позволяют рекомендовать их к применению в процессах подготовки воды для питьевого и промышленного водоснабжения, а также очистки сточных вод.

Однако разнообразие в конструкциях, наличие большого числа эмпирических зависимостей для расчета аппаратов свидетельствуют об отсутствии единого мнения о совершенных формах аппаратов и трактовке процессов протекающих в них.

При расчёте гидроциклонов многие авторы склонны считать, что путь движения частиц идёт по образующей гидроциклона, без учёта

истинной траектории нисходящего потока [4, 5]. Это, как и многие допущения при расчётах вызваны чрезвычайно сложной гидродинамикой потоков.

Гидродинамическая картина процесса разделения суспензий в гидроциклоне формируется под воздействием конструктивных и технологических параметров. Образуются два основных потока нисходящий движущийся к шламовому патрубку и восходящий движущийся к сливному патрубку.

Описанная картина разделения подтверждается экспериментами, проведенными в ОГАСиА [4, 5]. Полученные снимки показывают, что нисходящий поток имеет вид объёмной спирали с переменным шагом.

Основная масса частиц больших граничного зерна разделения выделяется на пути нисходящего потока от входного патрубка к шламовому. Как расчетный параметр длина этого потока представляет значительный интерес. В случае конического гидроциклона она может быть определена из следующей зависимости:

$$L = \int_0^{\varphi_k} \sqrt{k^2 p^2(\varphi) + (1+k^2) p'^2(\varphi)} d\varphi, \quad (1)$$

где: φ – угол в полярных координатах; $p(\varphi)$ – функция, управляющая шагом спирали; k – тангенс половины угла конусности гидроциклона.

При наличии в гидроциклоне цилиндрической части в её пределах длина потока будет следующей:

$$L_{\text{ц}} = \int_0^{\varphi} \sqrt{R^2 + p_{\text{ц}}'^2(\varphi)} d\varphi, \quad (2)$$

где: R – радиус цилиндрической части; $p_{\text{ц}}(\varphi)$ – функция, управляющая шагом спирали в пределах цилиндрической части.

По приведенной выше зависимости (1) произведен расчёт для микрогидроциклона диаметром 15мм из [5]. Расчётная длина нисходящего потока $L=245,3\text{мм}$, в то время как длина образующей равна 85мм.

Резюме. Объединение результатов исследований гидродинамики потоков с помощью рентгенографии и других методов визуализации обладает высокой информативностью для описания процессов в аппаратах, устройствах и сооружениях. Использована приведенная в [5]

модель процесса разделения суспензий в гидроциклонах и её математическое описание. Высокая степень устойчивости предлагаемой модели проверена проведением численного эксперимента. Получены близкие расчётные и экспериментальные данные при очистке промстока. Получена аналитическая зависимость для определения длины нисходящего (закрученного) потока. Величина L в 2,88 раз ближе к фактической. Такое уточнение имеет большое практическое значение. При наличии данных о гидродинамической картине в закрученном потоке гидротехнического сооружения приведенные зависимости могут использоваться для расчётов.

Литература

1. Волошаник В. В., Зуйков А. Л., Мордасов А. П., Закрученные потоки в гидротехнических сооружениях / Под ред. Г. И. Кривченко. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 280 с.: ил.
2. Мустафаев А. М., Гутман Б. М., Теория и расчёт гидроциклона. – Баку: МААРИФ, 1969. – 172 с.
3. Найденко В. В. Применение математических методов и эвм для оптимизации и управления процессами разделения суспензий в гидроциклонах. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1976. – 287 с.
4. Мельник О. С., Исследование гидравлического режима работы микрогидроциклонов методом рентгенографии. // Тезисы докладов первого симпозиума “Исследование и промышленное применение гидроциклонов”. – Горький, 1981. – С. 257–260.
5. Пономарёв В. Г., Мельник О. С. Расчёт микрогидроциклонов с учетом гидродинамики нисходящего потока. // Ежемесячный научно-технический и производственный журнал “Водоснабжение и санитарная техника”. – М.: Стройиздат, №3, 1992. – С. 18–20.