

УДК 621.926

Студ. В.А. Осташкевич

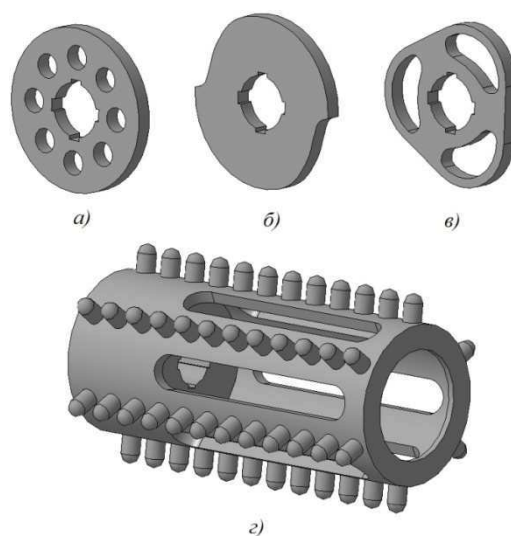
Науч. рук. ассист. Козловский В.И.

(кафедра машин и аппаратов химических и силикатных производств, БГТУ)

## ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ЗАГРУЗКИ ВНУТРИ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ С МЕШАЛКОЙ

В зарубежной практике в последнее десятилетие начали активно использоваться шаровые мельницы с мешалками, причем преимущественно горизонтального типа. Такие агрегаты появились и на отечественных предприятиях, прежде всего в лакокрасочной промышленности. В них осуществляется сверхтонкий помол и частицы доводятся даже до наноразмеров.

Основным элементом данного агрегата является мешалка, которая интенсифицирует движения шаров. В промышленности применяются различные конструкции перемешивающих органов (рисунок 1). Основные принципы, которым руководствуются при разработке перемешивающих органов – это уменьшение количества застойных зон, увеличение интенсивности движения шаров и равномерное их распределение внутри рабочей камеры.



а) – диск с отверстиями; б) – диск кулачковый; в) – треугольный диск;  
г) – ротор с полым цилиндром

**Рисунок 1 – Конструкции перемешивающих органов**

Одним из классических вариантов изучения влияния конструктивного исполнения мешалки на загрузку является создание модельных установок и проведение на них экспериментов. Однако такое направление довольно затратно как по стоимости, так и по времени.

Поэтому определение оптимального конструктивного исполнения перемешивающего органа происходило при помощи программы Ansys Fluent. При моделировании задавались давлением, создаваемым на входе и выходе, скоростью подачи, а также плотностью и вязкостью загрузки [1].

В результате моделирования удалось получить распределение скорости движения суспензии в рабочей зоне мельницы с разными рабочими органами (рисунок 2). Так как разрушение материала в шаровой мельнице с мешалками осуществляется за счет истирающего эффекта, зависящего в свою очередь от касательного напряжения, которое определяется градиентом окружной скорости жидкости, то оптимальной конструкцией перемешивающего органа будет та, которая создает наибольшее количество зон с перепадами скоростей [2].

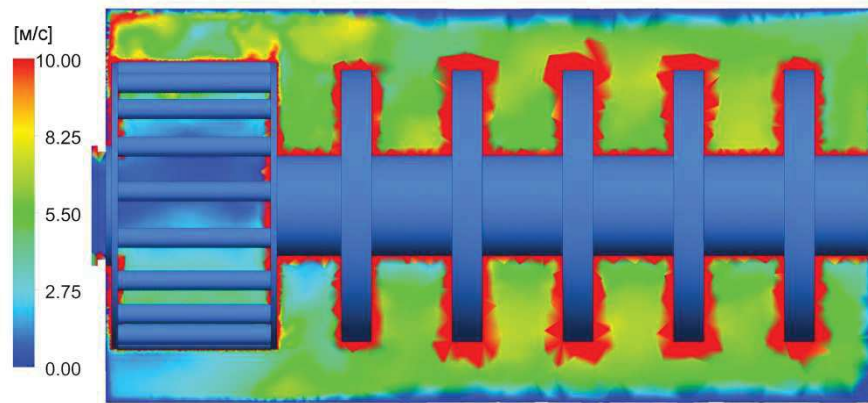
Анализ полученных распределений показывает, что при использовании дисков с отверстиями (рисунок 2а) максимальное значение скорости у загрузки (9-10 м/с) наблюдается около дисков. В междисковом пространстве она снижается до 5–8 м/с. Очевидно, что максимальные сдвиговые напряжения, а, соответственно, и максимальный истирающий эффект будет наблюдаться в зоне около дисков. Также можно отметить, что эти зоны стабильны во времени и пространстве и занимают незначительную часть рабочего объема мельницы.

У мешалки с треугольными дисками (рисунок 2 б) наблюдается более интенсивное перемешивание загрузки, что приводит к распространению истирающих зон по всему рабочему объему мельницы.

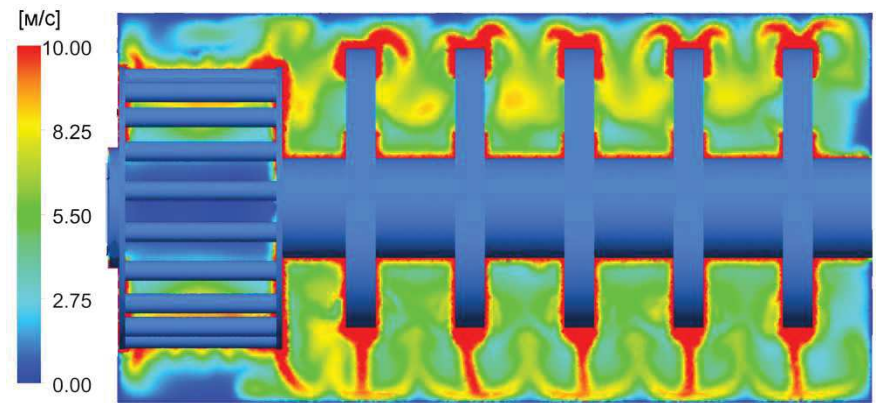
Что касается кулачковых дисков (рисунок 2в), то здесь, интенсивное измельчение будет происходить только в зоне между дисками и корпусом, где скорость загрузки меняется от 5 м/с до 10 м/с. В междисковом пространстве, она постоянна и равна 5 м/с, а следовательно интенсивного истирания там происходить не будет.

Использование ротора с полым цилиндром (рисунок 2г) приводит к увеличению скорости всей загрузки до максимального значения (10 м/с) в начале мельницы. В зоне сепаратора гидродинамика загрузки меняется, здесь максимальное значение скорости наблюдается около пальцев ротора и далее происходит ее уменьшение до 5 м/с у стенок корпуса

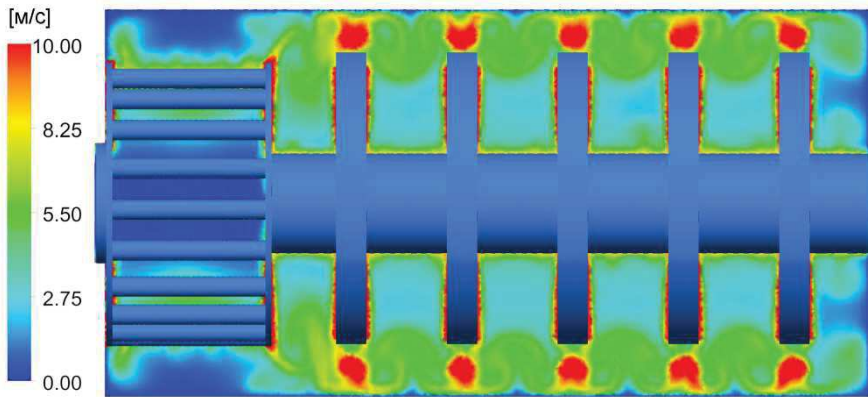
Для интенсификации движения элементов загрузки, ее турбулизации, увеличения градиента скорости предложена новая относительно оси вала (рисунок 3).



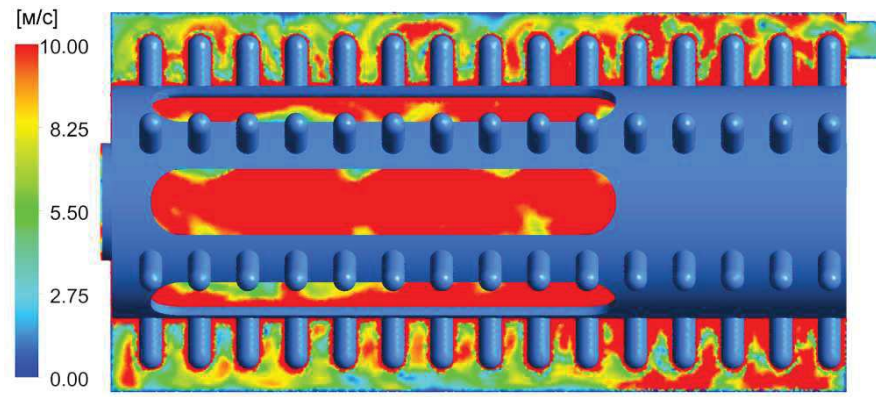
а)



б)



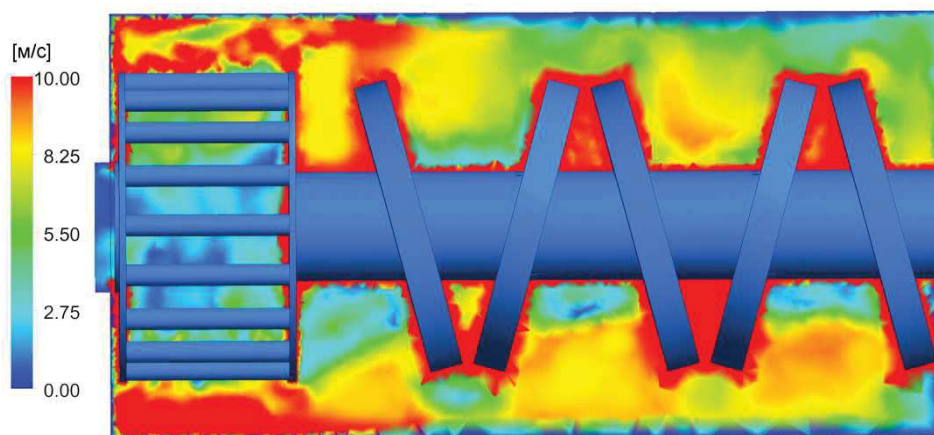
в)



г)

*а) – диск с отверстиями; б) – треугольный диск; в) – диск кулачковый; г) – ротор с полым цилиндром*

**Рисунок 2 – Распределение скорости загрузки внутри шаровой мельницы с различными перемешивающими органами**



**Рисунок 3 – Распределение скорости загрузки внутри шаровой мельнице с наклонными дисками**

Компьютерное моделирование гидродинамической обстановки в мельнице с таким рабочим органом показало существенное изменение распределение поля скоростей. Появилось много зон с различными скоростями. Так в месте сближения соседних дисков скорость рабочей среды составляет 9–11 м/с, а при отдалении 5–9 м/с.

При вращении вала в каждое следующее мгновение распределение жидкости будет меняться в пространстве во всех направлениях.

Таким образом, можно сказать, что наиболее эффективными будут мешалки с наклонными и треугольными дисками. Они позволяют создать нестационарный режим движения загрузки с большим градиентом скорости, что должно способствовать повышению эффективности измельчения.

Следующий этап исследований будет направлен на подтверждение полученных данных, для этого будут проведены экспериментальные исследования с различными перемешивающими органами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козловский, В.И. Влияние конструктивных особенностей шаровой мельницы с мешалкой на ее эффективность / Козловский В.И. Вайтехович П.Е. Лакокрасочные материалы и их применение. – 2015. – № 7. – С. 43-45.
2. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя/ Г. Шлихтинг. – М.: Наука, 1974. – 711 с.
3. Шаровая мельница с мешалкой: заявка № а 20121354 Респ. Беларусь, МПК В 02С 17/16, В 02В 15/12 / В.И. Козловский, П.Е. Вайтехович; заявитель Белор. гос. технолог. ун-т – заявл. 26.09.2012; опубл. 01.04.2015 // Официальный бил. / Нац. центр интеллектуал. собственности. – 2015.