

АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЦЕНТРОБЕЖНОГО СМЕСИТЕЛЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ

В. А. Марков, А. С. Григор, Ф. М. Поломошнов, А. А. Шнейдер
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Согласно известных работ профессора П.Н. Аксенова, в центробежном смесителе плужки со значительной скоростью бросают смесь на поверхность борта чаши, покрытому резиной или другим износостойким материалом, где смесь, формируя организованный поток движется по окружности борта и за счет центробежной силы прижимается к борту. При этом пограничный слой смеси, прилегающий к борту чаши, тормозится трением о резиновую поверхность борта (рисунок. 1) ,то есть происходит фрикционное движение организованного потока смеси.

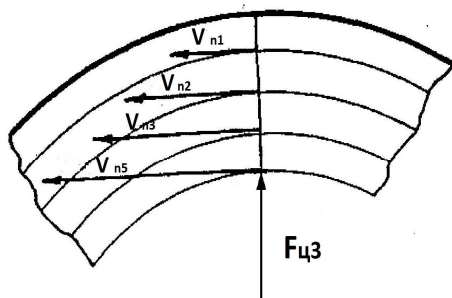


Рисунок 1 – Схема движения слоев организованного потока смеси по борту чаши в центробежных смесителях (по П.Н. Аксенову).

Чем дальше отстоит элементарный слой потока смеси от борта чаши, тем меньше сказывается это торможение. Следовательно, в потоке смеси, движущемуся по поверхности борта чаши, происходит взаимное скольжение элементарных слоев потока относительно друг друга, то есть между слоями смеси формируется градиент скоростей (V_n), а в пределах одного слоя в элементарных объемах создается предельно напряженное состояние (рисунок 2). Создаваемые касательные напряжения в элементарных объемах смеси являются главным элементом рабочего процесса центробежного смесителя, обеспечивающим перемешивание, механоактива-

цию и измельчение зерновой основой смеси с одновременным формированием адгезивной оболочки.

Эффективность смесеприготовления в центробежном смесителе будет определяться степенью реализации основной концепции перемешивания, а именно: степенью совмещения вектора скорости организованного потока смеси (V_n) с вектором наибольших сдвигающих (касательных) напряжений (τ) в каждом элементарном объеме слоя смеси.

На рисунке 2 показано, как при изменении величины центробежной силы можно изменить пространственную ориентацию элементарного объема и степень совмещения вектора касательных напряжений с вектором скорости потока, определяемую углом ϵ .

В этой связи роль катков в традиционном смесителе, по-видимому, является подсобной. Они в лучшем случае могут проезжать по струям смеси, если расположение катков выбрано правильно и формировать градиент скорости в слое смеси под катком.

На рисунке 3 показано взаимодействие горизонтально-вращающегося катка со слоем смеси, движущемуся по борту чаши. Каток воздействует на слой смеси, дополнительно создает в нем градиент скоростей, однако, ширина катка в 6-8 раз меньше, чем ширина слоя смеси на борту чаши. Иными словами, при ширине катков 80-100 мм их эффект воздействия на широкий (600-800мм) слой смеси незначительный.

Незначительная роль катков в центробежном смесителе модели 115 была экспериментально подтверждена в производственных условиях И.З. Зороховичем. Для опыта такой смеситель был запущен со снятыми катками. Все показатели качества формовочной смеси (для формовки отопительных радиаторов) от этого не ухудшилось. Этот вывод был подтвержден профессором П.Н.Аксеновым.

АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЦЕНТРОБЕЖНОГО СМЕСИТЕЛЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ

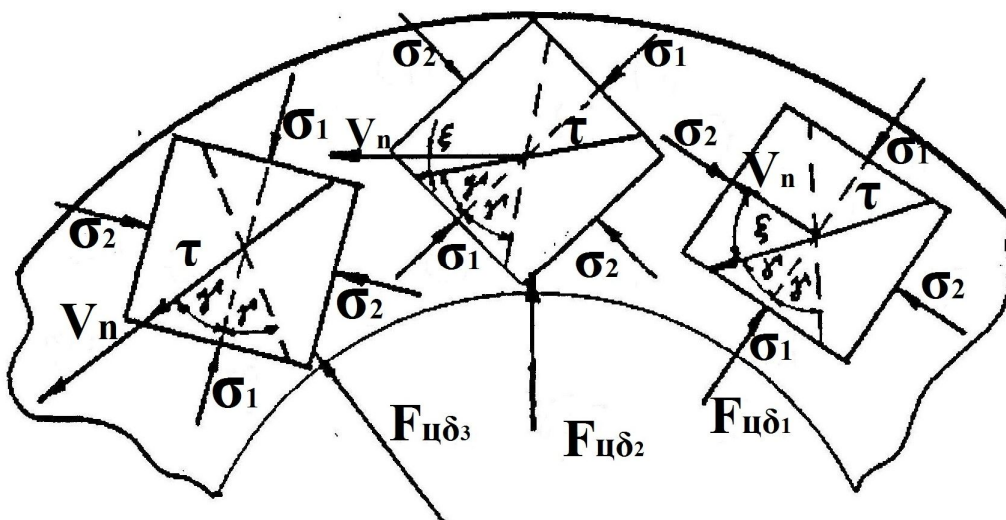


Рисунок 2 – Влияние величины центробежной силы ($F_{ц\delta_1} < F_{ц\delta_2} < F_{ц\delta_3}$) на совмещение направления наибольших касательных напряжений сдвига (τ) с вектором скорости потока (V_n).

Важный вывод о работе центробежного смесителя с горизонтально вращающимися катками сделанный профессором П.Н. Аксеновым и И.З. Зороховичем заключается в том, что они впервые обратили внимание на вспомогательную роль катков и самым главным фактором процесса формирования свойств смеси является движение организованного потока смеси по борту чаши.

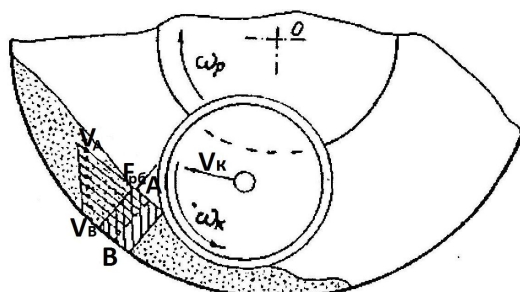


Рисунок 3 – Схема взаимодействия горизонтально-вращающегося катка со слоем смеси на борту чаши (вид сверху).

Однако эти выводы по настоящее время не учитываются в современных конструкциях центробежных смесителей. Изложенную концепцию движения организованного потока смеси в центробежном смесителе можно развить дальше на основе теории предельно-напряженного состояния.

Элементарные объемы смеси, находящиеся в организованном потоке движущимся по борту чаши подвергаются воздействию центробежной силы (рисунок 2) и силы трения.

Равнодействующая этих сил в каждом условном слое смеси создает нормальные сжимающие напряжения ($\sigma_1; \sigma_2$), приводящие к формированию касательных напряжений (τ) и деформации сдвига.

В зависимости от направления результирующей действующих сил определяется направление касательных напряжений и активное семейство линий скольжения, которые будут образовывать с вектором скорости потока (V_n) угол (ϵ) или совпадать. В случае совпадения векторов будет наблюдаться минимальное сопротивление движению смеси и максимальное развитие деформаций сдвига, необходимых для дезагрегации и механоактивации компонентов смеси. Для центробежного смесителя выше указанное условие будет определяться скоростью вращения ротора (ω) и радиусом слоя смеси (R). В первом приближении радиус слоя смеси, движущегося по борту чаши можно принять равным радиусу чаши.

Следующим моментом в выборе конструктивных параметров смесителя является обоснование угла наклона (угла атаки) плужка.

Исторически сложилось, что в смесителях с горизонтально-вращающимися катками плужки установлены с углом атаки 45 и 60 градусов

Центробежные смесители были созданы на основе маятниковых центробежных мельниц, применяемых для грубого помола материалов в горнорудной и металлургической

промышленности горизонтально-вращающиеся катки обеспечивали дробление кусков перерабатываемых материалов. По аналогии с мельницами были созданы центробежные смесители, в которых катки и борта чаши были выполнены обрезиненными, чтобы исключить дробление зерен песчаной смеси, но углы наклона (углы атаки) плужков сохранились. Может быть, для переработки кусковых материалов они и оптимальные, но для приготовления смеси они явно не соответствуют.

Анализ механизма движения слоя смеси по плужку показывает, что за счет действия силы трения результирующая сила будет отклонена относительно нормали к поверхности плужка на угол φ равный углу внешнего трения смеси по плужку. При учете угла трения изменяется количественное соотношение между относительной, абсолютной и переносной скоростями частиц • формовочной смеси (рисунок 4).

Следовательно, количественное изменение значений скоростей, приведет к изменению траектории движения потока смеси по борту чаши. В работах профессора П.Н. Аксенова и И.З. Зороховича при анализе динамики центробежных смесителей с помощью дифференциальных уравнений, изменение соотношений скоростей в зависимости от угла атаки плужков не учтено.

В этой связи возникает необходимость определения оптимального угла атаки плужков (β), с точки зрения повышения эффективности движения организованного потока смеси по борту чаши и формирование в элементарных объемах слоя смеси предельно-напряженного состояния, деформаций сдвига, с переходом их в пластическое течение и последующим разрушением элементарных объемов смеси.

Кроме того, необходимо провести оптимизацию угла атаки плужка для обеспечения перевода частиц во взвешенное состояние и

выполнения селективного перемешивания, то есть обеспечить условие, когда $V_b > V_s$ при минимизации скорости вращения ротора или минимальных значениях переносной скорости ($V_{пер}$).

Для вывода математических зависимостей и построения математической модели процесса селективного перемешивания целесообразно общую задачу разделить на две части.

В первой части рассмотреть систему, включающую движение слоя частиц смеси по плужку и их выход в рабочее пространство смесителя, а во второй части рассмотреть систему, включающую движение частиц смеси сошедших с плужка и перемешивающихся в рабочем пространстве смесителя.

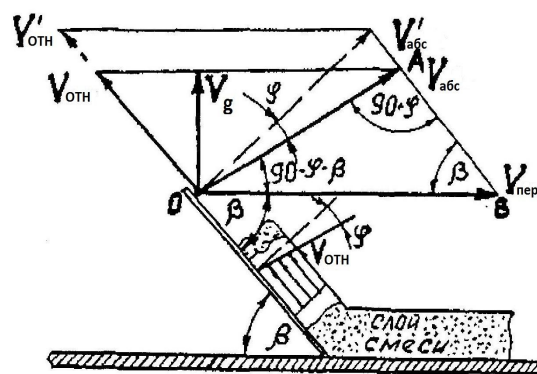


Рисунок 4 – Схема движения смеси по плужку, наклоненному под углом β , распределение действующих скоростей.

Решение первой системы позволит разработать математические зависимости для расчета минимальной скорости вращения ротора (снижение энергозатрат) в зависимости от оптимального угла атаки плужка (β) и требуемых свойств смеси, определяемых размером среднего зерна (d_k) и углом внешнего трения (φ) - показателем собственных свойств смеси (состав смеси, смеси, влажность, прочность и т.д.)