

Моделирование явления смешивания и сегрегации в промышленно-материальных потоках методом дискретного элемента

Авторы: Graham Mustoe, Clint Hudson, Allen Reicks.

Источник: www.overlandconveyor.com/pdf/Simulation_of_Mixing_and_Segregation_Phenomena_in_Industrial.pdf.

Реферат

В работе представлены теоретические основы смешивания методологии индекса, который может быть использован для количественного предсказать степень смешивания или сегрегации в дискретный анализ элементов системы частиц с неоднородным свойствами. Неравномерность в системе частиц может быть общего характера. Например, системы частиц, возможно, неравномерное распределение размера или разных свойств материалов, таких как плотность, трения и т.д.

Общей концепции в развитии методологии смешивания индекс для расчета количественных мера разницы между эволюции состояния системы частиц, как предсказано в дискретный анализ элемент с, что в идеальном смешанной системе. Пространственной сетки используется для бен частиц в системе ячеек сетки. Эти данные затем анализируются с квадрат подход разницей, что определяет нормированный смешивания значение индекса, и что прекрасно смешанных частиц система смешивания значение индекса 1, и совершенно отдельно частиц система смешивания значение индекса 0. Применение методологии смешивания индекс иллюстрирует анализ позиции системы частиц данных, полученных из трехмерного дискретного анализа элемента. Пример промышленного значения со сложной геометрией, были проанализированы. Четыре набора данных данных системы частиц были получены от трехмерных дискретных анализы элемент вращающейся цилиндрической печи с перегородками и без перегородок. Эти анализы показывают, что это смешивание методологии индекса может быть легко применены к количественно определить смешивание или разделение ставки для широкого спектра промышленных смешивания систем, используемых в бестарной перевозки твердых веществ.

Введение

Дизайн эффективной промышленной перемешивания и сегрегации установки для сыпучих материалов является важной задачей так как потребление энергии этих систем значительных затрат. Главным соображением в дизайне методология требует точного определения смешивание или разделение ставок. Традиционный дизайн процесс обычно требует изготовления и исчерпывающего тестирования многих систем макет прототипа который трудоемких и дорогостоящих усилий.

В течение последнего десятилетия или около того, с появлением разработки сложных дискретных элементов численные моделирования для сыпучих материалов для прогнозирования характеристик потока, см. Walton 1993, Дури и Ristow 1997 году, стало возможным использовать эти технологии моделирования в рамках методологии проектирования.

Использование этих имитационных технологий может быть использован в сочетании с традиционным подходом к дизайну улучшить общую эффективность и качество конечного дизайна. Это может быть достигнуто путем анализа числа прототипов конструкций и оценка их с точки зрения прогнозируемого скорости перемешивания до физических испытаний масштаба моделей. Таким образом, число прототипов, которые изготовлены и протестированы физически может быть значительно уменьшена. Пример на основе моделирования смешивания исследование комплексного анализа смешивания зерна во вращающихся барабанах с методом дискретных элементов и использованием энтропии смешения методологии Schutyser (Schutyser 2003) описал в своей докторской диссертации. Обратите внимание, что эта работа также включала эксперименты с помощью видео и методы анализа изображений. Аналогичная работа также подробно говорится в Гупта и др. 2010, где крупномасштабных промышленных Линдора смесителя были проанализированы с использованием ЦМР в линию и он-лайн смешивания показатели качества определяют три различных

подхода: числа частиц, количество контактов между различными частиц типа и обобщенная означает смешение индекса (GMMI).

Методология моделирования в данной работе, двухступенчатая процедура с использованием ЦМР и смешивания индекс, основанный на квадрат подход разницы. Во первых дискретный анализ элементов системы моделируется и анализируется. Результаты анализа ЦМР состоит из подробного описания движения всех частиц сыпучих материалов в течение всего периода моделирования. Эти данные определяются с серии цифровых снимки, которая содержит координаты местоположения и скорости компонентов для всех частиц в системы на ряд значений времени всей симуляции. Второй шаг в процедуре является вычисления различных смешивания значения индекса для каждого цифрового снимка в течение времени моделирования DEM.

Методология смешивания

Резюме безразмерных смешивания теории индекс, основанный на квадрат подход разница описаны ниже. Рассмотрим систему частиц, расположенных в произвольном трехмерном объеме в которых система состоит из частиц, которые могут быть определены с точки зрения набора различных типов частиц. Например, система, состоящая из частиц с двумя различными радиусами может быть определена как система с двумя различных типов частиц, см. рисунок 1). Еще одно определение типа частиц может быть определена начальное расположение частиц до колебательного возбуждения частиц. Например, объем поселились частиц материала может быть определено три типа, где каждый тип горизонтальных объем слоев частиц. В этой системе типа 1, типа 2 и 3 частицы частиц в нижней, средних и верхних слоев, см. рис 1 б).

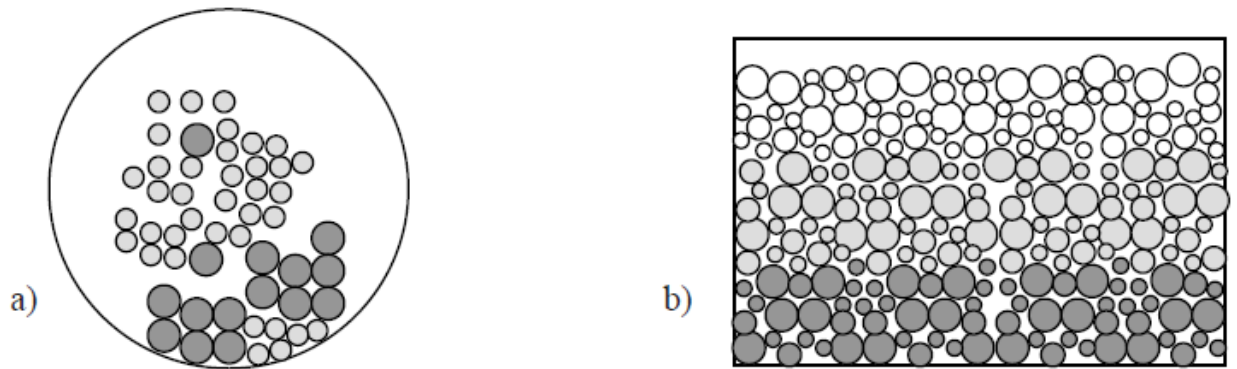


Рисунок 1: тип частиц системы — а) определяется двумя различными радиусами частиц, б) определяемый пространственного расположения из трех слоев.

Произвольной трехмерной объем разделен на равномерной прямоугольной кубической системе объема сетки клеток. Обратите внимание, сетки определяется так, что размер ячейки сетки объем достаточно велик, чтобы получить точную оценку смешивания мере в течение каждого тома клетки.

В течение типичного объема клеток, которые могут быть определены как "клетка"(J, K, L)-м томе сетки квадрат разности мера смешивания может быть определено путем вычисления SD_{jkl} :

$$SD_{jkl} = \frac{1}{N_{jkl}^2} \left\{ \sum_{i=1}^m [(n_{ijkl} - n'_{ijkl})^2] \right\},$$

где $IJKL$ п 'число типа я частиц в (J, K, L)-м томе сетки "клетка" в совершенносмешанной системе, JKL N -общее число частиц в "клетка" (J, K, L)-го тома, и $IJKL$ п-число типа я частиц в "клетка" (J, K, L)-м томе предсказано в системе моделирования DEM в произвольный момент времени t .

Обратите внимание, SD_{jkl} следует интерпретировать как безразмерная величина, которая количественно степень перемешивания в "клетка" (J, K, L)-м томе сетки. Например, если частицы в объеме клетки находятся в совершенно смешанном состоянии, то $SD_{jkl} = 0,0$. Обратите внимание, как степень перемешивания в объеме ячейки уменьшается значение SD_{jkl} приблизится к максимальному значению.

Мера степени перемешивания в течение всей системы частиц можно определить, вычислив комбинированные или общего SD в момент времени t для всей системы частиц определяется по формуле:

$$SD = \frac{1}{N_{tot}^2} \left\{ \sum_{l=1}^N \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^m [(n_{ijkl} - n'_{ijkl})^2] \right\},$$

где N_{tot} это общее число частиц в системе, а N есть число клеток объема сетки в каждой из трех пространственных направлениях.

Выше глобальной смешивания мера SD могут быть нормализованы путем определения ГМИ, как

$$GMI = (SD_{max} - SD) / SD_{max}$$

где SD_{max} является максимальным значением SD который достигается, когда система частиц находится в совершенно сегрегации государства.

Мы определяем ГМИ как глобальная сетка смешивания индекса, и нормированного смешивания индекс, такой, что $GMI = 0$ указывает прекрасно смешанной системе частиц и $GMI = 1$ указывает на совершенно отдельно систему частиц.

Используя приведенные выше методологии мы также можем определить местную сеть смешивания индекс для каждого объем клетки, которые могут быть используется для определения степени смешения в пространственном смысле всей системы частиц. Другой обобщение выше способ может быть реализован с помощью грид-систем, основанных на

различных формах клетки, такие как система колец ячейки томов или х сечение секторе объем клетки, как показано на рисунке 2.

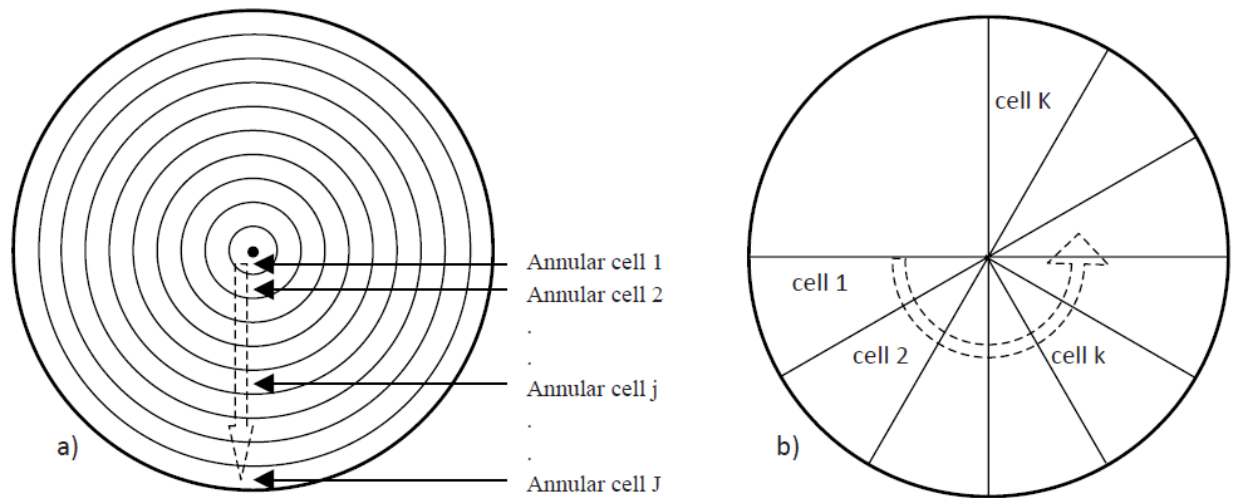


Рисунок 2: Обобщенная геометрия объема клеток для вращающегося цилиндра — а) Кольцевая клетки, чтобы определить объем смешивания в радиальном направлении и б) клеток сектора, чтобы определить объем перемешивания в окружном направлении.

Обратите внимание, что кольцевая клетки объем может быть использовано для определения скорости перемешивания в радиальном направлении (или через высота слоя) и сектор клетки объем может быть использовано для определения скорости перемешивания в окружном направлении (или по окружности цилиндра).

Применение

Этот пример является общим вращающийся цилиндрический система смешивания с непрерывной подачей сыпучих материалов, как показано на рисунке 3. Обратите внимание, оси вращающегося цилиндра наклонена на 5 градусов по отношению к горизонтальной направлению, чтобы высота среза несколько ниже, чем выше по течению разделе подачи. Схема

фактического смешивания геометрии системы показана на рисунке 3 а). Из цилиндра очень длинный в осевом направлении и геометрическое расположение смешивания перегородки повторяется вдоль осевого направления модель DEM имитирует поток в течение короткого разделе физическая проблема в котором работают периодических граничных условий, см. рисунок 3 б). Обратите внимание, что эти периодические границы позволяют материалу свободно течь из вниз по течению от границы модели и возвращаться в вышестоящий границы модели.

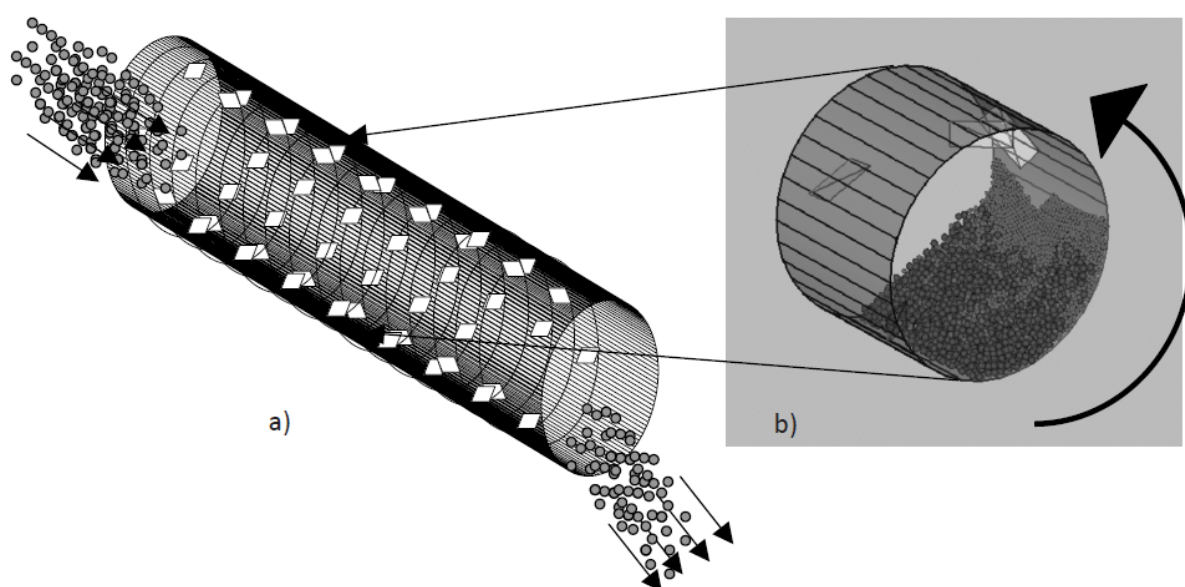


Рисунок 3: цилиндрические вращающиеся Смешивание Проблема — а) Схема физические параметры системы смешивания и б) иллюстрация модели DEM который состоит из коротких разделе система смешивания с периодическими границы.

Эта система анализируются в диапазоне различных условий определяется следующим образом:

а) сыпучий материал состоит из двух различных размеров радиуса с размером отношение 1,5: 1,0;

б) Есть две геометрии смесителя - цилиндр облицованы перегородки

- и цилиндра без каких-либо перегородки;
- в) исходный материал отделены радиусом в два слоя (так называемые кровати отдельно);
- г) исходный материал разделены по радиусу в двух регионах (так называемые вертикально отдельно).

На рисунках 4 и 5 показывают снимки анализа DEM с материалом, который был первоначально выделяются в постели двух горизонтальных слоев с более крупными частицами на нижний слой и мелкие частицы в вышележащих слоя. На рисунке 4 показана эволюция движения частицы в цилиндрических микшер с перегородками на три моменты: сначала после нуля поворотов, после 3-х поворотов и после 7 вращений соответственно. Точно так же рисунке 5 показана эволюция движения частицы в цилиндрических смесителя, без перегородки в трех моментов: сначала, после нулевой поворотов, после 3-х поворотов и после 7 вращений соответственно. Влияние на перегородки смешивание материала, хорошо видно на рисунках 4 и 5. Рисунок 4 показывает значительное перемешивание место в системе с перегородками в течение первых 7 революций. Эта цифра указывает смешивания в большинстве объема материала за исключением области вблизи поверхности правой рукой материал, где есть превышение меньше радиус частиц. Рисунок 5 показывает гораздо меньше смешивание происходит в системе без перегородки во время первые 7 оборотов по сравнению с системой с перегородками. Рисунок 5 показывает, что крупные частицы, которые первоначально в нижнем слое не продвинулись значительно вверх после 8 оборотов.

6 и 7 показывают снимки анализ ЦМР с материалом, который был первоначально вертикальной сегрегации (или аксиально отдельно) в регионе выше по течению крупных частиц и вниз по течению области малых частиц. На рисунке 6 показана эволюция движения частицы в цилиндрических микшер с перегородками на три моменты: сначала после

нуля поворотов, после 1 вращения и после 3-х поворотов соответственно. Кроме того, рисунок 7 показана эволюция движения частицы в цилиндрических смесителя, безперегородки в трех моментов: сначала после нулевой поворотов, после 1 вращения и после 3-х поворотов соответственно. Влияние на перегородки смешивание материала, хорошо видно на рисунках 6 и 7. Рисунок 6 показывает значительное перемешивание место в системе с перегородками в течение первых 3 революций. Эта цифра указывает смешивания в большинстве объема материала за исключением области вблизи поверхности правой рукой материал, где есть превышение меньше радиус частиц. Рисунок 7 показывает, по сути, не происходит перемешивание всистеме не установлены перегородки во время первые 3 оборотов по сравнению с системой с перегородками.

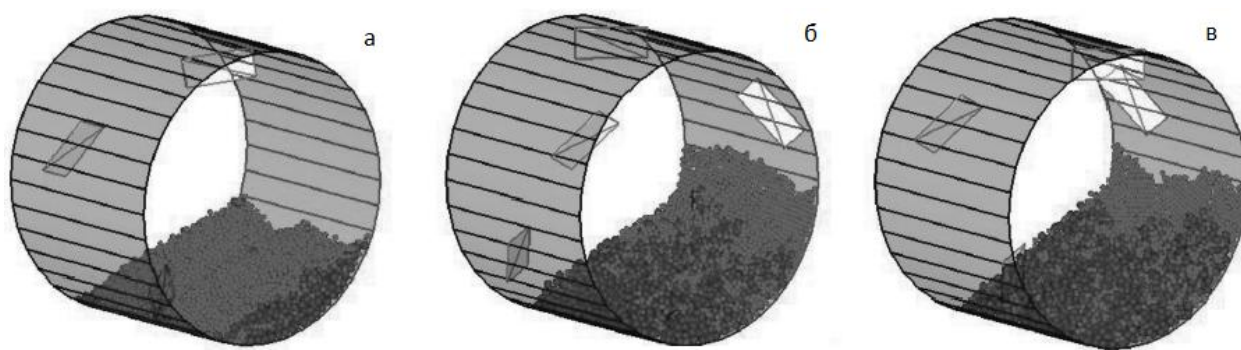


Рисунок 4: Смешивание проблема с перегородки и начальная Сегрегация Кровать — а) Начальная сегрегация, б) системы после 3-х революций и в) система после 7 революций.

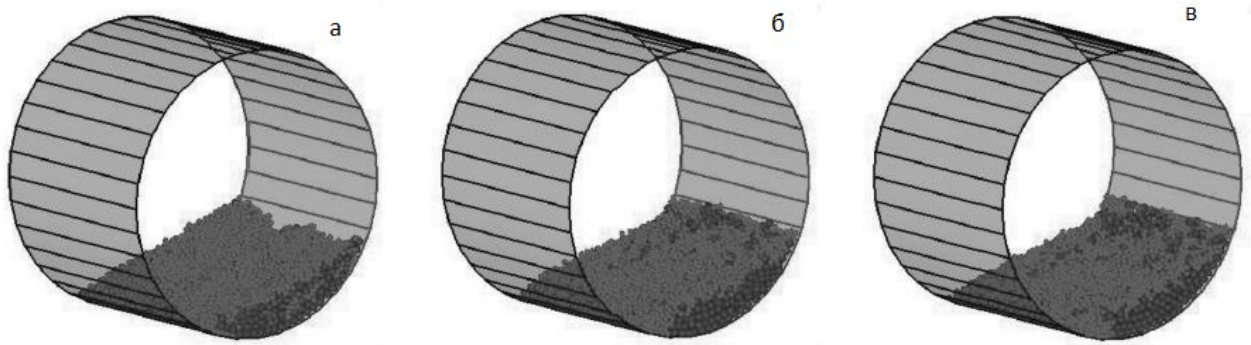


Рисунок 5: Смешивание проблемы без каких-либо перегородки и начальная сегрегация кровать — а) Начальная сегрегация, б) система после 3 оборота и в) система после 7 революций.

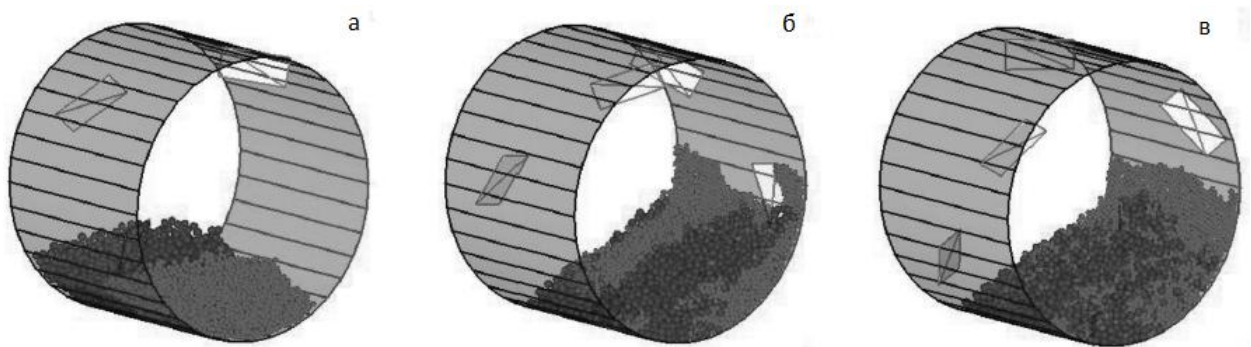


Рисунок 6: Смешивание проблема с перегородки и начальная вертикальная сегрегация — а) начальная сегрегация, б) система после 1 оборот и в) системы после 3 оборота.

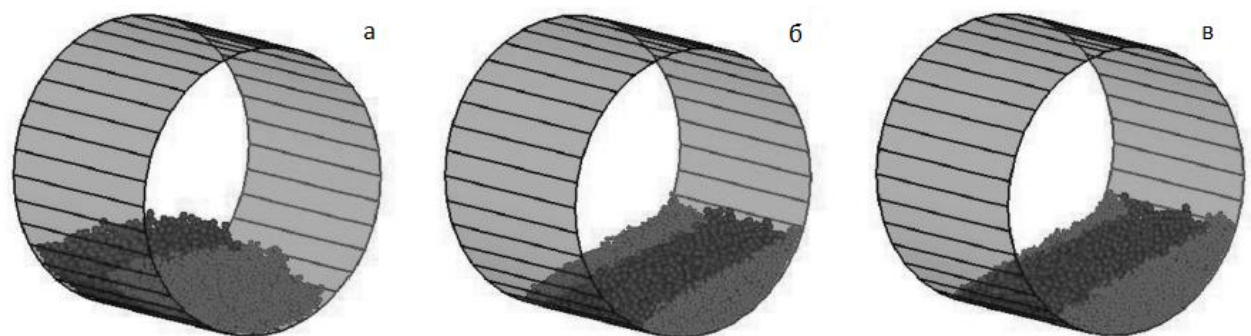


Рисунок 7: Смешивание проблемы без каких-либо перегородки и начальная вертикальная сегрегация — а) начальная отдельно системы, б) системы после 1 оборот и в) системы после 3 оборота.

Количественный анализ смешивания

Кровать отдельные системы

В постели отделены системы два показателя скорости перемешивания были вычислены на основе: а) глобальные смешивание меры (GMI), который является декартовой сетке микширование индекс, который определяет среднюю скорость перемешивания всей полный объем материала в определенное время или после определенного количества революций и б) радиальное перемешивание меры (RMI), которая представляет собой сетку кольца (см. рисунок 2) микширование индекс, который определяет среднюю скорость перемешивания в радиальном направлении по всему полный объем материал в определенное время или после определенного количества оборотов.

Результаты анализа ГМИ показан как раз история количественная мера средней смешивания и во всем регионе материала в продолжительности моделирования DEM (8 оборотов) в рисунок 8. На этом рисунке скорости перемешивания приведены для системы с перегородками и без каких-либо перегородок. GMI значения для системы без каких-либо перегородки указывает, что никаких существенных происходит перемешивание в течение 8 оборотов. В отличие GMI значения для системы с перегородками показывает, что смешение происходит в течение первых 2 революций и увеличение колебательным образом к установившееся значение приблизительно 0,75 после 8 революциями.

Аналогичные данные для значений RMI для двух систем с перегородками и без перегородки показаны рисунок 9. Значительные смешивание происходит быстро в системе с перегородками, как указано время истории значений RMI которые увеличивают и колебаться в сторону стационарного значения приблизительно 1,0 после 8 оборотов. Частичное перемешивание в радиальном направлении для системы без каких-либо перегородок свидетельствует неуклонный рост RMI до значения в 0,45 после 8 оборотов.

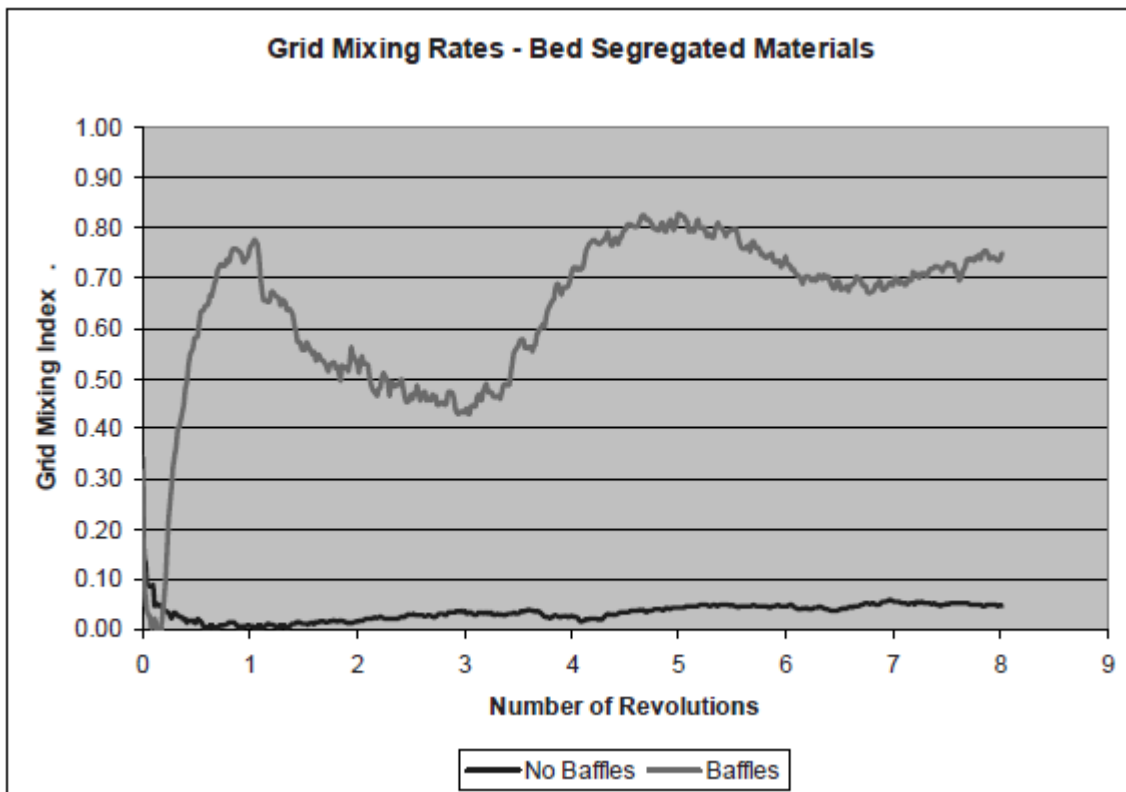


Рисунок 8: GMI Смешивание история время: системы смешивания с и без перегородки.

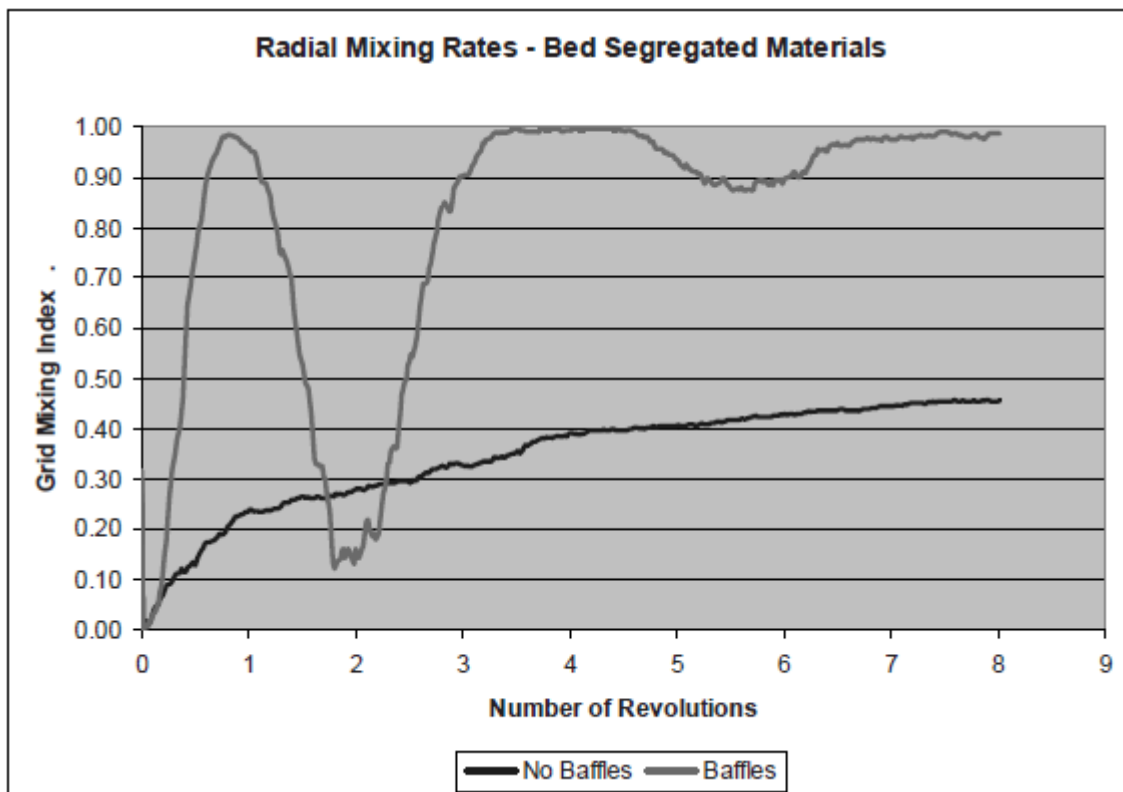


Рисунок 9: RMI Смешивание история время: системы смешивания с и без перегородки.

Вертикально-раздельные системы

В вертикальной сегрегации системы мерой скорости перемешивания был рассчитан на основе осевых смешивание меры (АМІ), которая представляет собой сетку микширование индекс, который определяет среднюю скорость перемешивания в осевое направление всей полный объем материала в определенное время или после определенного количества революций.

Результаты анализа АМІ показан как раз история количественная мера средней смешивания в осевом направлении в пределах всего региона материала на протяжении всего моделирования DEM (8 революций) на рисунке 10. На этом рисунке скорости перемешивания приведены для системы с перегородками и без перегородками. АМІ значения для системы без каких-либо перегородки медленно увеличиваться и достигает установившееся значение около 0,35. Это означает, что устойчивый частичное смешанное состояние было достигнуто в течение 8 оборотов. В отличие от АМІ значения для системы с перегородками быстро расти и достигает постоянного значения приблизительно 1,0 после 7 революций. Это означает, что осевая смешивания происходит очень быстро и хорошо смешиваются в осевом направлении через 7 революций.

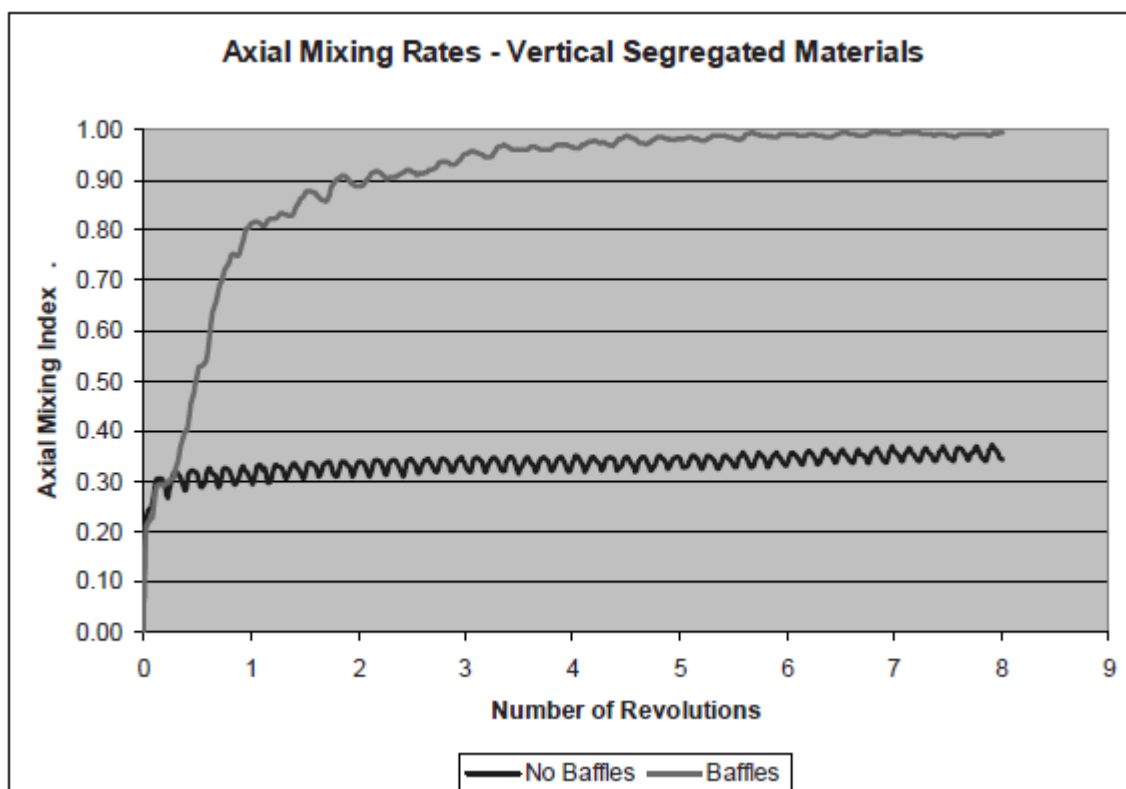


Рисунок 10: АМІ Смешивание история время: системы смешивания с и без перегородки.

Заключительные замечания

Моделирование ЦМР и количественный анализ, проведенный смешивания показать применимо этой вычислительной методологии для прогнозирования общей скорости перемешивания во всем объеме сыпучего материала и смешивания ставки в указанных направлениях, таких как радиальное и осевое направление вращающийся цилиндрической система смешивания. Заметим, в дизайне установки этого методика может быть применена к ранг относительной скорости перемешивания ряда. Прототип системы смешивания и быть частью общего процесса проектирования.

Некоторые дополнительные замечания по поводу сравнения GMI, RMI и AMI смешивания с другими индексами количественного смешивания меры заключаются в следующем:

- а) GMI, RMI и AMI смешивания индексы чем-то напоминают энтропии смешения, как используется Schutyser 2003 года.
- б) GMI, RMI и AMI смешивания индексы основных преимуществ методологии GMMI занятых Гупта и др. 2010, которая требует проблема зависимыми указанные пользователем значения координаты данного.

Ссылки

1. Уолтон, ИЛИ [1993] Численное моделирование наклонных потоков желоб монодисперсных неэластичен, фрикционные сфер, "Механика. Материалы 16, 239-247.
2. Дури, SM & Ristow, GH [1997] Радиальная сегрегация в двумерном вращающемся барабане ", Ж. де Phys. I7, 737-745. Schutyser МАИ 2003 года смешанная твердого ферментация: Численное моделирование и экспериментальная проверка, Кандидатская диссертация, Университет Вагенинген, Нидерланды, ISBN: 90-5808-848-0.
3. Гупта, Лудинг Katterfeld, B Soeteman, S, дискретная исследование элементов Перемешивание в промышленной Sized Смеситель, Всемирный конгресс по технологии 2010 года.