

Кафедра "Прикладная механика и сопротивление материалов"

УДК 532.545

В.Я. Борщев, Р.А. Шубин, Ал-др.А. Уколов*

*Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. В.Н. Долгунина.

перемещение мелких и крупных
одиночных частиц в зернистой среде
при умеренных скоростях

При сдвиговых деформациях, возникающих при обработке неоднородных зернистых сред с высокой концентрацией твердой фазы, наблюдаются эффекты перемешивания и сегрегации частиц материала. В результате происходит перераспределение частиц в объеме зернистой среды, оказывающее влияние как на кинетику технологических процессов (сушка, гранулирование и др.), так и на качество готовой продукции. Однако, в связи с недостаточной изученностью названных эффектов взаимодействия частиц при сдвиговых деформациях прогнозировать их влияние на кинетику технологических процессов, в большинстве случаев, затруднительно.

НАСТОЯЩАЯ РАБОТА ПОСВЯЩЕНА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ ЭФФЕКТОВ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УМЕРЕННЫХ СКОРОСТЯХ СДВИГА В ЗЕРНИСТОЙ СРЕДЕ С ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СДВИГОВОЙ ЯЧЕЙКИ ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ [1].

ОСНОВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ КОНСТРУКЦИИ СДВИГОВОЙ ЯЧЕЙКИ ЯВЛЯЕТСЯ ЛЕНТОЧНЫЙ КОНВЕЙЕР С РАБОЧИМ ОРГАНОМ ИЗ ШЕРОХОВАТОЙ РЕЗИНОТКАНЕВОЙ ЛЕНТЫ, НА КОТОРОЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СДВИГОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СЛОЕ МАТЕРИАЛА УСТАНОВЛЕНА С ОПРЕДЕЛЕННЫМ ШАГОМ СКРЕБКИ ВЫСОТОЙ $3,5 \cdot 10^{-3}$ М. НИЖНЯЯ ВЕТЬ КОНВЕЙЕРА ПРОХОДИТ В ЖЕЛОБЕ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ. ЖЕЛОБ ЗАКРЕПЛЕН НА РАМЕ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАЗОРА МЕЖДУ ЕГО ОСНОВАНИЕМ И ЛЕНТОЧНЫМ КОНВЕЙЕРОМ. ДНО ЖЕЛОБА ТАКЖЕ СНАБЖЕНО ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ С РАЗМЕРОМ ШЕРОХОВАТОСТЕЙ, РАВНЫМ ПОЛОВИНЕ ДИАМЕТРА ЧАСТИЦ МОДЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧАСТИЦ ПРОИСХОДИТ В КАНАЛЕ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ В ЗАЗОРЕ МЕЖДУ ЕГО ОСНОВАНИЕМ И НИЖНЕЙ ВЕТЬЮ ЛЕНТЫ КОНВЕЙЕРА.

На первом этапе работы с использованием индикаторного метода проведены исследования характеристик течения монодисперсных материалов при сдвиговых деформациях в ячейке сдвига. При этом в качестве модельного зернистого материала использованы керамические шары диаметром $6,6 \cdot 10^{-3}$ м и частицы стеклянного бисера диаметром $3,5 \cdot 10^{-3}$ м. В качестве индикатора использованы окрашенные частицы этих материалов. Экспериментальные исследования проведены при импульсном вводе индикатора и неизменных условиях сдвига для каждой из зернистых сред. В результате экспериментального исследования получено распределение частиц индикатора по длине x и толщине y слоя материала в желобе, а также определено изменение скорости сдвига по толщине слоя сыпучего материала (рис. 1).

Максимальная скорость сдвига (рис. 1) наблюдается в непосредственной близости к движущейся шероховатой ленте. По мере удаления от нее вглубь слоя зернистого материала интенсивность сдвига резко уменьшается и ближе к шероховатому основанию становится равной нулю. В соответствии с этим аналогично изменяется профиль порозности по толщине слоя зернистого материала (рис. 2).

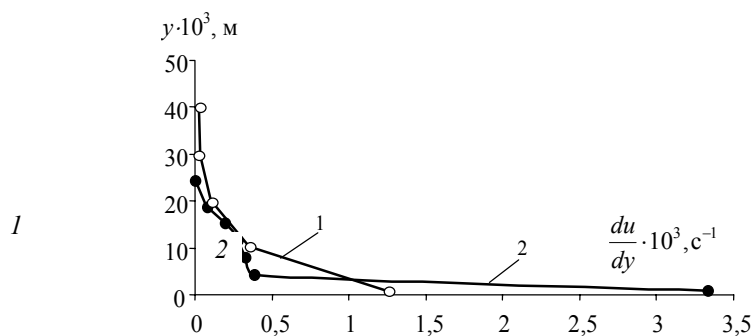


Рис. 1 Изменение скорости сдвига по толщине слоя сыпучего материала:
1 – керамика; 2 – бисер

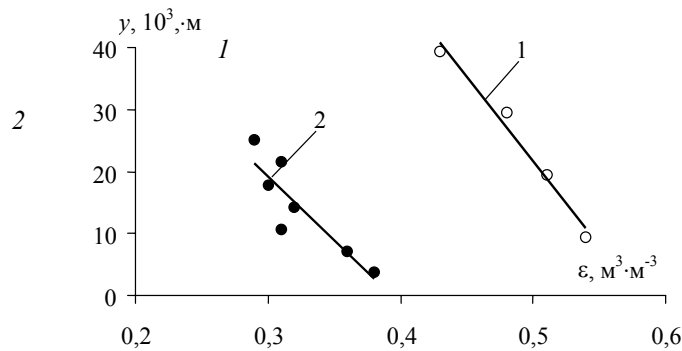


Рис. 2 Изменение порозности по толщине слоя сыпучего материала:
1 – керамика; 2 – бисер

Кроме этого, из рис. 1 видно, что более интенсивные сдвиговые деформации наблюдаются при использовании в качестве модельного материала частиц стеклянного бисера (кривая 2). При этом сдвиговым деформациям подвергается относительно больший объем материала (до семи слоев частиц бисера против четырех на керамике). Вероятно, что причиной этого является относительный размер частиц, а также состояние их поверхности, приводящее к более плотной упаковке (рис. 2) и интенсивному взаимодействию частиц бисера при сдвиговых деформациях.

Значительный практический интерес представляют результаты экспериментальных исследований поведения неоднородных частиц при сдвиговых деформациях в зернистой среде. В связи с этим, на следующем этапе работы проведены исследования поведения одиночных контрольных частиц при сдвиговых деформациях в зернистой среде с высокой концентрацией твердой фазы при умеренных скоростях сдвига.

Методика проведения экспериментального исследования поведения одиночных контрольных частиц основана на использовании метода последовательно ступенчатого увеличения времени пребывания контрольных частиц в сдвиговом потоке. При этом в качестве индикатора использованы керамические шары диаметром $13 \cdot 10^{-3}$ и $4 \cdot 10^{-3}$ м и частицы стеклянного бисера диаметром $4,2 \cdot 10^{-3}$ и $2,6 \cdot 10^{-3}$ м. При исследовании процесса проникания мелкую частицу помещали в верхней части слоя, а при исследовании "всплытия" – крупную частицу в нижней части слоя сдвигового потока основного материала и фиксировали их начальное положение в канале. Через определенные промежутки времени привод ленточного конвейера выключали, с помощью вакуумного пробоотборника послойно отбирали пробы материала до обнаружения контрольных частиц и фиксировали их текущее положение по координатам x и y (длину и высоту слоя соответственно). В результате обработки совокупности экспериментальных данных, определяющих положение контрольных частиц в слое зернистого материала с течением времени, находили траектории движения (рис. 3, 4), по которым вычисляли профили скоростей поперечного перемещения названных частиц (рис. 5, 6).

Из рис. 3 и 4 видно, что "всплытие" крупной частицы происходит закономерно более интенсивно, чем проникание мелкой частицы вглубь слоя, даже в случае относительно большого отличия размера последней от частиц среды. В соответствии с механизмом сдвигового поточного разделения переход контрольной частицы из одного элементарного слоя в другой предполагает образование опорных контактов с агрегатом частиц, через которые проходит ось ее вращения. Наиболее

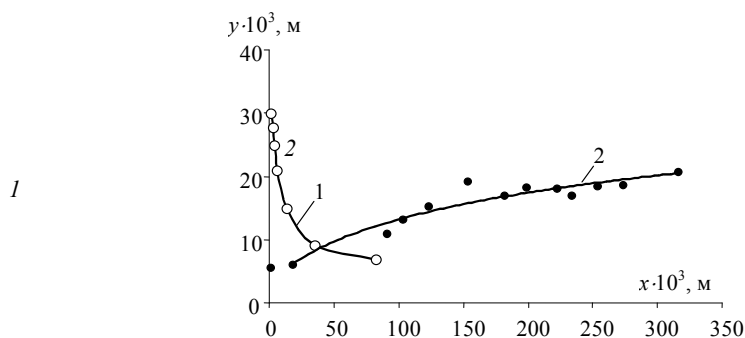


Рис. 3 Траектории движения контрольных керамических частиц диаметром $13 \cdot 10^{-3}$ м (кривая 1) и $4 \cdot 10^{-3}$ м (кривая 2)

1

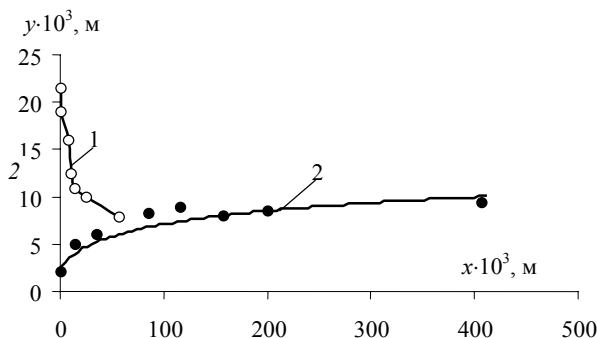


Рис. 4 Траектории движения контрольных частиц стеклянного бисера диаметром $4,2 \cdot 10^{-3}$ м (кривая 1) и $2,6 \cdot 10^{-3}$ м (кривая 2)

2

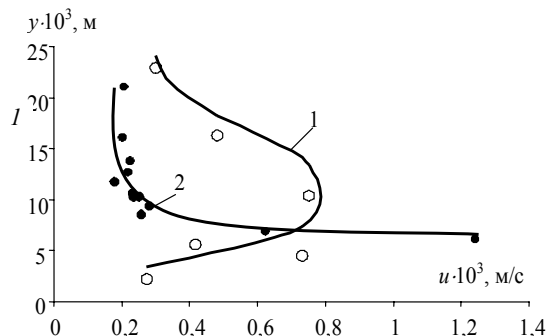


Рис. 5 Профили скорости поперечного перемещения частиц керамики диаметром $13 \cdot 10^{-3}$ м (кривая 1) и $4 \cdot 10^{-3}$ м (кривая 2) в сдвиговом потоке керамических шариков диаметром $6,6 \cdot 10^{-3}$ м

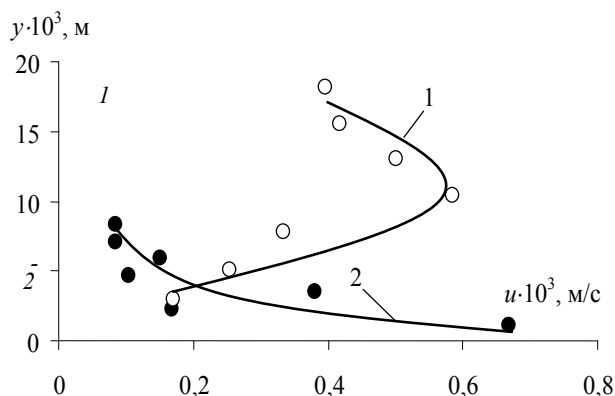


Рис. 6 Профили скорости поперечного перемещения частиц стеклянного бисера диаметром $4,2 \cdot 10^{-3}$ м (кривая 1) и $2,6 \cdot 10^{-3}$ м (кривая 2) в сдвиговом потоке бисера диаметром $3,5 \cdot 10^{-3}$ м

вероятное направление перемещения контрольной частицы будет определяться балансом моментов сил, действующих на нее относительно оси вращения. Вследствие этого механизма крупные частицы накатываются на мелкие частицы, оказываются под воздействием более высоких значений избыточных моментов сил и поэтому характеризуются более интенсивным поперечным перемещением.

Полученные экспериментальные данные будут использованы для прогнозирования кинетических характеристик сегрегации частиц полидисперсных материалов при умеренных скоростях сдвига.

список литературы

1 БОРЩЕВ В.Я., ДОЛГУНИН В.Н., ИВАНОВ О.О. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ ПРИ СДВИГОВЫХ ДЕФОРМАЦИЯХ В ЗЕРНИСТОЙ СРЕДЕ // ВЕСТНИК ТАМБОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА, 2003. Т. 9. С. 230 – 236.

Кафедры Технологическое оборудование и пищевые технологии" и "Машины и аппараты химических производств"