

С. Ф. Яцун
О. Г. Локтионова

**Вибрационные машины
и технологии
для переработки
гранулированных сред**

С. Ф. Яцун, О. Г. Локтионова

**ВИБРАЦИОННЫЕ МАШИНЫ
И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ
ГРАНУЛИРОВАННЫХ СРЕД**

Старый Оскол
«ТНТ»
2014

УДК 621.01/.03
ББК 30.605
Я 943

Рецензенты:
заслуженный деятель науки, профессор,
доктор технических наук *Г. Я. Пановко*
профессор, доктор технических наук *Л. А. Савин*

Яцун С. Ф., Локтионова О. Г.
**Я 943 ВИБРАЦИОННЫЕ МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ
ПЕРЕРАБОТКИ ГРАНУЛИРОВАННЫХ СРЕД:** монография /
С. Ф. Яцун, О. Г. Локтионова. — Старый Оскол: ТНТ, 2014. —
296 с.

ISBN 978-5-94178-218-5

В монографии рассматривается динамика течения однородных и неоднородных гранулированных сред в условиях вибрационного воздействия, расчёт и оптимальный синтез технологических машин и процессов.

Монография предназначена для преподавателей, аспирантов и студентов вузов, а также научных работников и инженеров, занимающихся исследованием и проектированием вибрационного оборудования для переработки сыпучих сред.

УДК 621.01/.03
ББК 30.605

ISBN 978-5-94178-218-5

© Яцун С. Ф., Локтионова О. Г., 2014
© Оформление. ООО «ТНТ», 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ВИБРАЦИОННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ГРАНУЛИРОВАННЫХ СРЕД	6
1.1 Вибрационные технологические процессы и машины для переработки гранулированных сред	6
1.2 Основные физико-механические свойства гранулированных сред	22
1.3 Способы управления реологическими свойствами сыпучих сред	27
1.4 Классификация вибровозбудителей	29
1.4.1 Инерционные вибровозбудители	30
1.4.2 Электромагнитные вибровозбудители	44
1.4.3 Электродинамические вибровозбудители	50
1.4.4 Кинематические и принудительные вибровозбудители	54
1.4.5 Гидравлические и пневматические вибровозбудители	63
ГЛАВА 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ СРЕД	68
2.1 Анализ существующих математических моделей однородных и неоднородных гранулированных сред	68
2.2 Моделирование гранулированных материалов с позиций механики сплошных сред	87
2.3 Выбор реологических моделей	90
2.4 Модель межфазного взаимодействия в моделируемой среде	103
2.5 Расчёт сил аэродинамического сопротивления	110
2.6 Дифференциальные уравнения вибрационного течения неоднородной гранулированной среды	114
2.7 Применение метода крупных частиц для интегрирования уравнений течения материала	119
ГЛАВА 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ГРАНУЛИРОВАННОЙ СРЕДЫ	132
3.1 Истечение материала из вибрирующего сосуда	133
3.2 Течение материала по вибрирующему лотку	136
3.3 Моделирование виброкипящего слоя	137
3.4 Уплотнение гранулированной среды	144
3.5 Некоторые другие задачи течения гранулированного материала	149
3.6 Процессы переработки двухкомпонентных смесей	153
3.5 Численное исследование течения двухфазной среды	157

ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ	162
4.1 Анализ результатов экспериментальных исследований на статическое сжатие, ротационное вискозиметрическое течение и виброакустические воздействия	162
4.2 Исследования процесса истечения материала из сосуда	176
4.3 Вибрационное перемешивание сыпучей среды	182
4.4 Экспериментальное определение угла откоса насыпи при загрузке сыпучего материала в ёмкость	188
4.5 Проверка адекватности математической модели	190
ГЛАВА 5. МОДЕЛЬ ВИБРАЦИОННОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕОДНОРОДНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ СРЕД	204
5.1 Обоснование выбора и динамический расчёт вибропривода	204
5.2 Математическая модель вибромашины с электромагнитным приводом с учётом течения неоднородной гранулированной среды	212
5.3 Пути повышения эффективности вибрационных технологических процессов переработки сыпучих сред	219
5.4 Программное обеспечение для расчёта вибрационного оборудования по переработке неоднородных гранулированных сред	223
ГЛАВА 6. ОПТИМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ	236
6.1 Методика параметрической оптимизации	236
6.2 Результаты оптимизации	240
6.2.1 Оптимизация технологических параметров виброкипящего слоя	240
6.2.2 Синтез параметров оптимального электромагнитного привода	242
6.2.3 Оптимальный синтез вибрационного питателя	250
6.2.4 Оптимизация вибровоздействий при заполнении сыпучим материалом замкнутого сосуда	253
6.2.5 Решение задачи параметрической оптимизации технологической вибромашины для уплотнения сыпучей среды	260
6.2.6 Оптимизация параметров счёта	264
6.3 Практическая реализация результатов	268
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	274