

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертацию М.А. Гриценко  
«Повышение эффективности процесса фракционирования сыпучих  
материалов на виброгрохотах с пространственной  
траекторией колебаний сит»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности  
05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (строительство)**

### **Актуальность темы диссертации**

Фракционный состав сыпучих материалов, используемых в качестве сырья в строительной, химической, горнодобывающей и других отраслях промышленности оказывает большое влияние на конечный результат технологических процессов. В условиях современного производства, где используются сыпучие материалы, выдвигаются жесткие требования к их фракционному составу. Однако на предприятиях, производящих сыпучие материалы, уделяют недостаточное внимание формированию этого состава. Так к щебню, который используется для приготовления асфальтобетонных смесей для верхних слоев покрытий при строительстве и ремонте автомобильных дорог, имеются серьезные претензии от дорожно-строительных организаций. Поставляемый щебень содержит чрезмерное количество зерен лещадной формы, пылевидных и глинистых примесей, концентрация которых превышает допустимые нормы.

К решению актуальной проблемы извлечения из сыпучей среды некондиционных частиц обращались многие исследователи, занимающиеся совершенствованием техники и технологии грохочения. Поэтому появление многообразия конструкций просеивающих аппаратов породило множество моделей, описывающих процесс грохочения.

Теория этого процесса далека от завершения. Во всяком случае, до настоящего времени не создано научно-обоснованного метода технологического расчета грохотов, у которых сита совершают сложные пространственные траектории колебаний, что позволяет оценить тему диссертации как актуальную.

Технологи и проектировщики, которые занимаются проблемой грохочения, могут освоить алгоритм и его программное обеспечение, созданные по предлагаемой диссертантом методике расчета процесса, что даст возможность моделировать параметры работы широкого круга грохотов, включая аппараты с пространственной траекторией колебаний сит.

### **Оценка содержания диссертации, новизны, достоверности и обоснованности выводов и рекомендаций**

**В первой главе** выполнен достаточно подробный обзор современного состояния проблемы моделирования составляющих процесса фракциониро-

вания сыпучих материалов на просеивающих поверхностях вибрационных грохотов: движения частиц внутри виброоживленного слоя, транспортирования сыпучего материала по вибрирующему сити, проникновения частиц проходных фракций через отверстия сита для грохотов, сита которых совершают колебания по различным траекториям. Рассмотрены варианты моделирования составляющих процесса при фракционировании сыпучих материалов на виброгрохотах. Можно согласиться с мнением автора, что детерминистические модели, до сих пор пользующийся популярностью у исследователей процессов рассева дисперсных сред, требует существенной доработки, учитывающих многообразие факторов, влияющих на показатели процесса: максимальную производительность аппаратов и максимальную степень извлечения частиц мелких фракций из сыпучей среды. Автор отдает предпочтение вероятностному подходу к описанию процесса грохочения и, в частности, теории цепей Маркова, что характерно для известных подходов к описанию процессов переработки дисперсных сред Ивановской школы академика РААСН С.В. Федосова, член-корреспондента РААСН Р.М. Алояна, профессоров В.Е. Мизонова, В.П. Жукова.

Следовало бы дополнить обзор данными о влиянии траектории колебаний сита на эффективность грохочения, например, для аппаратов фирмы AURY Flip Flop, перерабатывающих более полутора миллиардов тонн полезных ископаемых.

**Во второй главе** автор рассматривает конструкции вибрационных грохотов со сложной траекторией колебаний сита разработанные профессорами Мизоновым В.Е. и Огурцовым В.А., их последователями и учениками. Конструкции, у которых сита совершают колебания сложных форм, других авторов не приводятся, что обедняет исследование.

Коллективом авторов, в который входит диссертант, предлагается вибрационный грохот со сложной пространственной траекторией колебаний сита, защищенный патентом на полезную модель. Основу для изобретения данного аппарата составили конструкции виброгрохотов, разработанные исследователями Ивановского политехнического и Ивановского энергетического университетов. Следует отметить, что создание подобных аппаратов имеет широкие перспективы для дальнейшего развития практики грохочения.

**Третья глава** посвящена моделированию процесса грохочения с помощью математического аппарата теории цепей Маркова. Будучи численной процедурой, данный подход позволяет избежать часто используемых упрощений процессов в реальном агрегате, принимаемых с целью получения аналитических решений. Одновременно решается задача по построению модели наиболее важной составляющей всего процесса грохочения в целом, которой является фаза проникновения частиц через отверстия сита. Это, на наш взгляд, является главным отличием от известных работ в этой области, определяющим новизну полученных результатов. Следует отметить оригинальность имитационной модели определения вероятности беспрепятственного прохождения шарообразной частицы через отверстие сита вибрационного

грохота при одном соударении. Однако численные эксперименты, проводимые по ячеечной модели кинетики грохочения, продемонстрированы в диссертации весьма ограничено. Отдавая предпочтение стохастическим моделям, использующим цепи Маркова для описания миграции частиц в виброоживленном слое сыпучего материала, автору следовало указать возможности ячеечных моделей процесса грохочения, привести преимущества этих моделей в сравнении с эмпирическими или детерминистическими методами расчета показателей процесса.

**Четвертая глава** посвящена описанию результатов экспериментальных исследований процесса периодического грохочения различных сыпучих материалов и поиску методов идентификации параметров модели. Разработаны две установки, позволившие реализовать процесс периодического грохочения искусственно созданной двухкомпонентной смеси и реального полидисперсного материала, взятого на предприятиях, где проводилось внедрение результатов диссертационной работы. Поэтому опыты можно разделить на две группы. Первая посвящена исследованию физических предпосылок, заложенных при моделировании процесса. Интересные результаты получены на экспериментальной установке, реализующую плоскую модель грохочения двухкомпонентной смеси дискообразных частиц. Понятно, что стенд не соответствует реальным условиям грохочения, но физика процесса остается той же. Наглядность и простота установки позволяют выстраивать модель в соответствии с экспериментом. Речь идет о векторе начального распределения частиц по высоте слоя, размер которых позволяет им пройти сито. Данный эксперимент позволяет отработать процедуру определения стохастических параметров модели: скорости сегрегации и коэффициента макродиффузии проходových частиц. Вторая группа экспериментов связана с грохочением реальных промышленных материалов на установке периодического действия. Можно согласиться с автором в том, что результаты тестовых испытаний при периодической классификации можно использовать для проектирования установок непрерывного действия. Многие исследователи при проектировании различных, особенно крупнотоннажных производств, проводят испытания на лабораторных установках периодического действия.

**В пятой главе** рассматривается использование разработанной модели для определения параметров режима работы промышленных грохотов. Приведено слишком подробное описание всей технологии работы предприятия (видимо автор хотел продемонстрировать свою эрудицию в данной теме), параметры работы исследуемых грохотов в технологических линиях, характеристики сыпучей среды, которая поступает на работающие аппараты. В расчетно-экспериментальных исследованиях, определяющих стохастические параметры модели, используемые для расчета промышленных грохотов, достаточно скудно описаны условия проведения эксперимента, поэтому затруднительно сделать выводы о точности расчетов показателей процесса.

В качестве достоинства этой главы и работы в целом следует отметить связь теоретических результатов, описанных в диссертации, и реальных про-

мышленных внедрений. Приведены подтвержденные документами сведения о внедрении результатов работы на предприятиях.

Достоверность полученных теоретических результатов подтверждается экспериментальными данными, которые согласуются с известными эмпирическими зависимостями, полученными известными методами. Практическая ценность заключается в доведении разработанных моделей до инженерных методов компьютерного расчета, используемых в практических реализациях на промышленном предприятии с реальным экономическим эффектом.

Диссертация логично выстроена и написана приемлемым научным языком, но в ней имеется ряд недостатков, среди которых неточности в некоторых выражениях и терминах, опечатки, например, «связаны пружинами» (стр.17), «причем (n-1) строка» (стр.28), «сцементированность» (стр.97) и другие.

### **Замечания по диссертации**

Кроме дискуссионных положений, отмеченных при анализе содержания, по диссертации имеются замечания.

1. Данные по классификации в виброоживленном слое следовало бы представить через кривую разделения, чтобы можно было оценить ее эффективность.
2. Автор не вводит в модель характеристики полидисперсности материала. Переход от монофракций к полидисперсности в опытах по классификации реальных гравийно-песчаных смесей никак не комментируется.
3. В диссертации так и не сформулировано четко, какой объем экспериментальной информации необходим для определения всех параметров модели.
4. Непонятно, каким образом автор определял временной интервал перехода частиц из одной ячейки в другую. Как определялась высота одной ячейки слоя сыпучего материала?
5. Автор не оговаривает предельную сложность модели (число ее ячеек), при которой расчеты могут быть выполнены за разумное время. Вообще, скорость вычислений в диссертации не обсуждается.
6. В диссертации не сообщается, какой метод идентификации параметров ячеечной модели кинетики грохочения использовался.
7. Высота слоя принимается автором постоянной, что явно обедняет модель.

Несмотря на сделанные замечания, а также дискуссионные моменты, отмеченные в отзыве, считаю, что в конечном итоге они не оказывают значительного влияния на положительную оценку работы.

Основные положения диссертации полностью отражены в публикациях

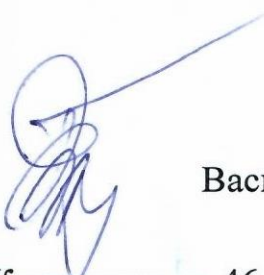
автора, в том числе, 4 статьи в изданиях, предусмотренных перечнем ВАК РФ, 1 из них в издании, индексируемом Scopus..

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

### Заключение по диссертации

Диссертация ГриценкоМ.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические разработки по совершенствованию режимов фракционирования сыпучих строительных материалов на аппаратах, сита которых совершают сложные пространственные траектории колебаний, имеющие существенное значение для экономики строительной и смежных отраслей. Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, которым должна отвечать диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (строительство).

Официальный оппонент,  
заведующий кафедрой  
«Механическое оборудование»  
ФГБОУ ВО «Белгородский  
государственный  
технологический университет»,  
д.т.н., профессор



Василий Степанович Богданов

Адрес: 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, ФГБОУ ВО «БГТУ им. В.Г. Шухова»

Телефон +7-910-368-99-99

E-mail: [v.bogdanov@gmail.com](mailto:v.bogdanov@gmail.com)

Подпись В.С. Богданова заверяю  
Проректор по научной работе  
д.т.н., профессор



Евгений Иванович Евтушенко