



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
**СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

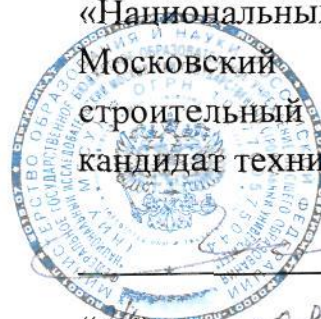
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(НИУ МГСУ)

Ярославское ш., 26, Москва, 129337  
тел. +7 (495) 781-80-07; факс +7 (499) 183-44-38  
kanz@mgsu.ru, www.mgsu.ru / mgsu.ru  
СКПО 02066523 ОГРН 1027700575044  
ИНН/КПП 7716103391 / 771601001

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор ФГБОУ ВО  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет»  
кандидат технических наук, доцент



А.П. Пустовгар

«17» мая 2018 г.

24.05.2018 № 303-120-109/4

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

### ОТЗЫВ

**ведущей организации на диссертацию Гриценко Михаила Алексеевича, выполненную на тему «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)**

#### 1. Актуальность темы выполненной работы

В настоящее время процессы фракционирования сыпучих материалов на грохотах различного принципа действия и конструкций играют важную роль во многих технологиях строительной, горнорудной, химической, энергетической и других отраслях промышленности. Научные основы их проектирования и моделирования разработаны еще далеко недостаточно. Многообразие подходов к расчету, чаще всего сводятся к регрессионному обобщению экспериментальных данных эксплуатации промышленных грохотов, получение которых трудоемко и требует значительного времени. Эти подходы к настоящему времени себя исчерпали и не оставляют возможности научно обоснованного поиска путей дальнейшей интенсификации процесса фракционирования и разработки оборудования для его реализации.

Большой вклад в изучение процессов грохочения внесли отечественные и зарубежные исследователи: И.М. Абрамович, В.А. Олевский, И.И. Блехман, Л.А. Вайсберг, В.А. Бауман, В.А. Перов, П.С. Ермолаев, И.В. Пономарев, И.Ф. Гончаревич, О.Н. Тихонов., Е.А. Непомнящий, В.Н. Потураев, А.Г. Червоненко, В.П. Надутый, Н.Г. Картавый, В.Е. Мизонов, В. С. Богданов, А.В. Кондратьев, О. Молерус, А. Майнель, Х. Шуберт, Ж. Феррера, Р. Уорнер, и многие другие. Ими сделан большой вклад не только в теорию, но и в

13585

практику фракционирования сыпучих материалов. Но до сих пор строгие уравнения движения ансамбля частиц сыпучей среды в виброожигенном слое, в общепризнанном виде, до настоящего времени не сформулированы. Одной из причин этого является многообразие случайных факторов процесса грохочения и недостаточная проработанность научных основ для его моделирования. По этой причине сдерживается разработка эффективного нового и модернизация существующего оборудования, в котором нуждаются многие технологические процессы строительной индустрии.

В диссертации М.А. Гриценко поставил задачу создания модели, позволяющей прогнозировать результаты грохочения сыпучего материала на аппаратах, сита которых совершают колебания по сложным пространственным траекториям. Эта задача решается с помощью обобщенной модели, построенной на синтезе модели кинетики процесса грохочения, основанной на теории цепей Маркова и модели движения ансамбля частиц на вибрирующем сите для расчета процесса проникновения частиц через отверстия сита, построенной на основе метода дискретных элементов.

Представленная М.А. Гриценко диссертация, в которой решается задача исследования и совершенствования процесса фракционирования сыпучих материалов на вибационных грохотах с пространственной траекторией колебаний сит, что ведет к повышению эффективности рассева, является актуальной и имеет высокую научную и практическую значимость.

Актуальность темы исследований подтверждается тем, что результаты работы приняты к внедрению на асфальтобетонном заводе ДС-168 (Тейковский район, Ивановская область, ООО «Тейковская земельная компания») и в группе компаний «Ивановское карьероуправление».

## **2. Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

В результате выполненных исследований диссертантом получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

1. На основе математического аппарата теории цепей Маркова разработана модель кинетики процесса грохочения для аппаратов, просеивающая поверхность которых совершает колебания по сложным пространственным траекториям.

2. Предложена методика определения скорости проникновения частиц через отверстия сита для проходных частиц различной крупности, основанная на математическом описании движения ансамбля частиц над просеивающей поверхностью.

3. Разработан имитационный метод определения вероятности проникновения частиц различной крупности через отверстия сита, совершающего колебания по траекториям различных форм.

4. Определено влияние частот и амплитуд колебаний сита на порозность материала в слое сыпучего материала, что повышает точность расчетов степени извлечения частиц проходных фракций из исходного сырья.

### **3. Степень обоснованности и достоверность основных положений, выводов и заключений, содержащихся в диссертации**

Достоверность полученных в диссертации результатов обоснована корректным использованием методов математического и компьютерного моделирования, уравнений математической физики, аппарата теории цепей Маркова. Научные результаты и соответствующие публикации автора, не противоречат общепринятым положениям теории грохочения, что подтверждает обоснованность выводов, сделанных М.А. Гриценко.

Работа успешно прошла апробацию на международных, Всероссийских и региональных научно-технических конференциях. Основные результаты диссертации достаточно полно отражены в 14 печатных работах, включая четыре статьи, опубликованные в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ, 1 из которых входит в издание, входящее в международную базу данных SCOPUS.

### **4. Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики**

Научная ценность диссертационного исследования состоит в синтезе модели кинетики процесса грохочения, основанной на математическом аппарате теории цепей Маркова и модели движения ансамбля частиц на вибрирующем сите для расчета скорости проникновения частиц различной крупности через отверстия сита, построенной на основе метода дискретных элементов, позволяющих как прогнозировать фракционный состав готового продукта, так и повышать эффективность процесса рассева как в грохотах, сита которых совершают колебания по сложным пространственным траекториям, так и аппаратов с типовыми траекториями колебаний сит.

Значимость научных и практических результатов заключается в достижении повышенных показателей работы технологических систем, включающих процесс грохочения, на асфальтобетонном заводе ДС-168 (Ивановская область), где за счет замены просеивающей поверхности грохота увеличена степень извлечения частиц проходových фракций и снижена засоренность пылевидными и глинистыми включениями сыпучей среды, направляемой в смеситель для приготовления асфальтобетонной смеси и в карьерах компаний «Ивановское карьероуправление», где была предложена замена ирландской сортировочной установки Maximus 516 на передвижной сортировочный узел УМС-400 производства ЗАО «ДОБМАШ».

### **5. Структура и содержание работы**

Представленная на отзыв работа состоит из введения, пяти глав и заключения, включая список использованной литературы и приложений.

**Во введении** достаточно обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, представлены положения научная новизна, практическая значимость и сформулированы положения, которые выносятся на защиту.

**В первой главе** произведена оценка общего уровня состояния техники и технологии фракционирования сыпучих материалов на грохотах, сита которых

совершают колебания по траекториям разных форм. Рассмотрены современные конструкции классифицирующего оборудования. Приведены модели составляющих процесса фракционирования сыпучих материалов на просеивающих поверхностях вибрационных грохотов: движения частиц по слою сыпучего материала, транспортирования сыпучего материала по вибрирующему сити, проникновения частиц проходовых фракций через отверстия сита.

Отмечена необходимость повышения эффективности процесса фракционирования, в результате чего поставлена цель и задачи исследований.

**Во второй главе** представлены конструкции вибрационных грохотов со сложными траекториями колебаний сит. Описана конструкция вибрационного грохота с пространственной траекторией колебаний сита, защищенная патентом РФ на полезную модель. Предлагаемая конструкция грохота может создавать пространственные траектории колебаний сита, что существенно расширяет диапазон действия сил инерции, приложенных к частицам, что способствует повышению эффективности процесса отсева.

**В третьей главе** представлена математическая модель кинетики процесса грохочения, основанная на теории цепей Маркова. По мнению автора в основу математической модели процесса грохочения сыпучих материалов на аппаратах со сложной пространственной траекторией колебаний сит положен вероятностный подход и, в частности, теория цепей Маркова. Автор считает, что данный подход позволяет учитывать как многообразие свойств сыпучих материалов, так и многообразие режимов колебаний просеивающих поверхностей грохотов. Скорость проникновения частиц проходовой фракции через отверстия сита определяется компьютерным методом. Автор считает, что моделирование большинством исследователей процесса проникновения частиц через отверстия просеивающей поверхности, рассматривающее взаимодействие одиночной частицы с вибрирующим ситом, является приближенным, так как не позволяет учесть взаимодействия частиц друг с другом при их столкновениях. Для построения математического описания процесса движения ансамбля частиц над ситом грохота и определения числа соударений частиц с ним в диссертации применена одномерная версия метода дискретных элементов. Она базируется на динамическом описании движения каждой частицы ансамбля и изменении скоростей частиц при ударе друг о друга. Для определения вероятности проникновения частиц через отверстия сита при одном соударении, предложена имитационная модель определения вероятности беспрепятственного прохождения шарообразной частицы через отверстие сита вибрационного грохота при одном соударении, уточняющая модель Годена-Андреева. Выявлено влияние порозности сыпучего слоя, которая зависит от амплитудо-частотных характеристик колебаний сита грохота и физико-механических свойств сыпучей среды, на основные характеристики процесса грохочения.

**В четвертой главе** приведены результаты экспериментальных исследований кинетики грохочения двухкомпонентной и многокомпонентной смеси на лабораторной установке периодического действия. Для экспериментов использована плоская модель грохота с прозрачными боковыми стенками, которая ценой внесения некоторых искажений в реальную картину процесса (считается, что ширина должна быть не менее 5 – 6 диаметров самой крупной фракции) позволяла визуально наблюдать и фиксировать все интегральные, а главное – локальные характеристики процесса (распределения частиц по высоте слоя). При переходе к идентификации параметров модели при грохочении реальных промышленных смесей предлагается использовать периодическое грохочение натурального материала на стендовом грохоте. Удовлетворительное совпадение результатов расчётных и опытных данных подтверждает достоверность расчета кинетики грохочения при использовании ячеечной модели процесса и методики определения скорости проникновения проходных частиц через отверстия сита. Разработан и опробован алгоритм определения стохастических параметров ячеечной модели процесса грохочения с помощью тестовых опытов для промышленных условий.

**В пятой главе** технические и технологические приложения результатов диссертации. Разработанные модели и решение на их основе конструкторский задач применялись на асфальтобетонном заводе ДС-168 (Ивановская область), где за счет замены просеивающей поверхности грохота уменьшена замельченность товарной фракции 5 – 10 мм. Используя методику расчета процесса грохочения в группе компаний «Ивановское карьероуправление» был рекомендован передвижной сортировочный узел УМС-400 производства ЗАО «ДОБМАШ» г. Выкса Нижегородской области, обеспечивающий необходимую производительность и качество отсева. Результаты расчетно-экспериментальных исследований, проведенных по предлагаемой модели процесса вибрационного грохочения, доказали ее адекватность для определения технологических параметров промышленных аппаратов.

**В заключении** автором изложены основные результаты диссертационной работы, а также рекомендации и перспективы их дальнейшего исследования.

**В приложении** представлены акты внедрения результатов исследования, программа для определения числа соударений ансамбля частиц с ситом грохота и порозности слоя сыпучего материала, протокол испытания щебня на предприятии.

Автореферат и опубликованные работы диссертанта полностью отражают основное содержание диссертации

#### **6. Рекомендации по дальнейшему использованию результатов и выводов диссертации**

Разработанная автором стратегия моделирования процессов и ее программно-алгоритмическое обеспечение может быть использована при расчете режимных параметров и как при модернизации работающих промышленных грохотов, так и при их проектировании. На основе

разработанных моделей и тестовой диагностики, полученной на лабораторных стендах периодического грохочения натуральных сыпучих сред, предложены компьютерные методы расчета процесса на грохотах различных модификаций и типов, в том числе последних поколений со сложными траекториями колебаний сита, позволяющие выявлять режимные и конструктивные направления совершенствования процесса. Предложен новый подход к интенсификации процесса грохочения, реализованный в новой конструкции вибрационного грохота, создающего пространственные траектории колебаний просеивающей поверхности различных форм и сложности.

#### **Замечания по диссертации**

1. В разделе 2.1. диссертации заявлено рассмотрение конструкций вибрационных грохотов с пространственной траекторией колебаний сит, а представлены конструкции, которые совершают колебания, траектории которых лежат в плоскости, перпендикулярной просеивающей поверхности.
2. Одной из важнейших задач при использовании теории цепей Маркова для моделирования процессов фракционирования является проблема определения величины дискретного шага по времени и пространству. В диссертации не показано как автор рассчитывал данные интервалы?
3. В диссертации нет описания методики определения рациональных параметров промышленного грохочения, обеспечивающих допустимое качество процесса.
4. В диссертации не показано влияние технологических и конструктивных параметров на стохастические коэффициенты модели.
5. В работе недостаточно полно представлена методика проведения экспериментальных исследований, обработка эксперимента и аппаратное обеспечение эксперимента.
6. При расчете экономического эффекта от внедрения результатов исследования не учитываются затраты на установку передвижного сортировочного узла и срок его окупаемости.
7. Некоторые выводы по 1 главе общеизвестны, например: 1,1 и 1.3.

Высказанные замечания и недостатки не снижают научной и практической значимости диссертационной работы и не ставят под сомнение достоверность и обоснованность полученных результатов.

#### **Заключение**

Диссертационная работа Гриценко Михаила Алексеевича, выполненная на тему «Повышение эффективности процесса фракционирования сыпучих материалов на виброгрохотах с пространственной траекторией колебаний сит» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная практическая задача повышения эффективности фракционирования сыпучих материалов путем определения режимов пространственных колебаний сит. Основные результаты работы диссертации обладают научной

новизной и вносят существенный вклад в теорию и практику развития (или совершенствования) машин и процессов для фракционирования сыпучих материалов.

Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук и паспорту специальности 05.02.13 по области исследования пп. 1. – «Разработка научных и методологических основ проектирования и создания новых машин, агрегатов и процессов; механизации производства в соответствии с современными требованиями внутреннего и внешнего рынка, технологии, качества, надежности, долговечности, промышленной и экологической безопасности», 3. – «Теоретические и экспериментальные исследования параметров машин и агрегатов и их взаимосвязей при комплексной механизации основных и вспомогательных процессов и операций», 5. – «Разработка научных и методологических основ повышения производительности машин, агрегатов и процессов и оценки их экономической эффективности и ресурса». Автор диссертации Гриценко Михаил Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (строительство).

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Механизация строительства», протокол № 12 от 24 мая 2018 г.

Заведующий кафедрой  
«Механизация строительства»  
Федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет»  
д-р техн. наук по спец. 05.02.13 –  
Машины, агрегаты и процессы  
(строительство), профессор



Шарапов Рашид Ризаевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26.

e-mail: kanz@mgsu.ru

Тел: +7(495) 781-80-07