**Котов Роман Александрович. Обоснование параметров вибрационного смесителя сыпучих кормов с гибким рабочим органом: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Котов Роман Александрович;[Место защиты: Алтайский государственный аграрный университет].- Барнаул, 2015.- 164 с.**

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**Алтайский государственный аграрный университет**

**На правах рукописи**

**Котов Роман Александрович**

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО СМЕСИТЕЛЯ**

**СЫПУЧИХ КОРМОВ С ГИБКИМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ**

**05.20.1 - Технологии и средства механизации сельского**

**хозяйства**

**ДИССЕРТАЦИЯ**

**на соискание ученой степени**

**кандидата технических наук**

**Научный руководитель: доктор технических наук, профессор И.Я. Федоренко**

**Барнаул 2015**

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

**ВВЕДЕНИЕ 4**

**1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ 8**

**1.1 Анализ конструкций смесителей вибрационного действия 8**

**1.2 Классификация смесителей вибрационного действия 21**

**1.3 Технологические характеристики смесителей 23**

**1.4 Зоотехнические требования, предъявляемые к кормовым смесям 25**

**1.5 Анализ существующих моделей поведения сыпучей среды при вибрации27**

**1.5.1 Модели единичной частицы 27**

**1.5.2 Модели с распределенными параметрами 30**

**1.5.3 Модели сплошной среды 33**

**1.6 Режимы динамического поведения сыпучих материалов при вибрации....36**

**1.7 Выводы по главе 47**

**2 ОБОСНОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВИБРОСМЕШИВАНИЯ**

**СЫПУЧИХ КОРМОВ 48**

**2.1 Общее описание физических явлений, протекающих в камере смешивания.48**

**2.2 О силах, приводящих к циркуляции материала в камере смешивания 53**

**2.3 Движение слоя сыпучего материала как сплошной среды 62**

**2.4 О связи параметров движения слоя с характеристиками процесса**

**смешивания 66**

**2.5 Выводы по главе 71**

**3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ**

**ИССЛЕДОВАНИЙ 72**

**3.1 Цель экспериментальных исследований 72**

**3.2 Описание экспериментальной установки и обоснование ее параметров....73**

**3.3 Методика определения качества смеси 77**

**3.4 Преобразование факторного пространства методами теории размерности ...78**

**3.5 Методика проведения экспериментальных исследований 83**

**3.5.1 Методика проведения отсеивающего эксперимента 84**

**3.5.2 Методика проведения основного эксперимента 87**

**з**

**4 АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 91**

**4Л Анализ отсеивающего эксперимента 91**

**4.2 Анализ основного эксперимента по определению однородности кормовой**

**смеси 92**

**4.3 Оптимизация процесса смешивания по критерию однородности**

**получаемой кормовой смеси 98**

**4.4 Удельная мощность, потребная на смешивание кормовой смеси 101**

**4.5 Зависимость производительности смесителя от факторов процесса 102**

**4.6 Решение многокритериальной задачи 104**

**4.7 Выводы по главе 109**

**5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

**РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ 110**

**5.1 Расчет основных технико-экономических показателей 110**

**5.2 Расчет дополнительных показателей экономической эффективности 114**

**ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 117**

**ЛИТЕРАТУРА 119**

**ПРИЛОЖЕНИЕ 132**

**ПРИЛОЖЕНИЕ А Математическая обработка результатов отсеивающего**

**эксперимента 133**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б Математическая обработка результатов эксперимента по**

**исследованию однородности кормовой смеси (основной эксперимент) 135**

**ПРИЛОЖЕНИЕ В Математическая обработка результатов эксперимента по**

**определению значений модуля смешивания 138**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г Математическая обработка результатов эксперимента по**

**исследованию удельной мощности 141**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д Математическая обработка результатов эксперимента по**

**исследованию производительности смесителя 144**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е Акты внедрения 149**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Патент Российской Федерации 158**

**ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

На основе анализа современного состояния вопроса и проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

* Применяемые в настоящее время вибрационные смесители не отвечают в полной мере предъявляемым к ним требованиям. В связи с этим, перспективным направлением при вибросмешивании сыпучих кормов является применение гибкого рабочего органа, который позволит интенсифицировать процесс смешивания, а также снизить динамическую нагруженность и уровень шума.
* Разработанные математические модели процессов, протекающих при вибрационном смешивании сыпучего материала, позволяют утверждать, что циркуляционные движения элементов виброкипящего слоя с наложением хаотических всплесков обусловливают смешивание компонентов. Выявлены динамические факторы, вызывающие циркуляционные движения составляющих кормовой смеси: анизотропия силы сухого трения; архимедова сила действия среды, окружающей частицы; уменьшение силы аэродинамического сопротивления частиц. Установлена связь качественных показателей процесса смешивания с диссипативным рассеянием энергии в виброкипящем слое. Констатировано, что в виброкипящем слое наблюдается пространственное движение составляющих элементов, но наибольший вклад в диссипацию энергии дает вертикальная составляющая движения, задаваемая виброднищем.
* Выявлены основные критерии подобия процесса смешивания, необходимые для проектирования типоразмерного ряда вибрационных смесителей с гибким рабочим органом: ***Асо2*** /***g—*** коэффициент перегрузки, ***Ahco/v-*** вибрационный аналог числа Рейнольдса, ***h/D*** - масштабный фактор, ***COt*** - безразмерное время виброобработки.
* Теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены

следующие конструктивно-режимные параметры вибрационного смесителя для получения комбикорма марки К-58 (сведенные в критерии подобия) позволяющие достичь необходимое по зоотехническим требованиям качество смешивания исходных компонентов: ***Асо2*** / ***g*** = 35,6 ; ***Ahcolv*** = 40,9;

***hiD*** = 1,2; ***cot*** = 54050. При этом оптимальное время смешивания составляет 5,26 мин, качество смешивания, оцениваемое однородностью смеси - 95,01%.

* Проведена оценка экономической эффективности результатов исследования, которая показывает, что экономический эффект при использовании вибрационного смесителя с гибким рабочим органом достигается за счет более низкой энергоемкости и металлоемкости. Так, годовая прибыль при запланированной годовой загрузке смесителя ***Q*** = 900 т. составит 55,3 тыс. руб., а срок окупаемости вибрационного смесителя 0,4 года.