ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

СИДЕЛЬНИКОВ ДМИТРИИ АЛЕКСЕЕВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЛАЖНОГО ГРАНУЛИРОВАНИЯ ТВЕРДОЙ ФРАКЦИИ СБРОЖЕННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА В ШНЕКОВОМ ГРАНУЛЯТОРЕ

Специальность 05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства (по техническим наукам)

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

кандидат технических наук,

доцент Марченко Виктор Иванович

Ставрополь 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ 11

1.1 Современные способы переработки птичьего помета 11

1.2 Ресурсосберегающая технология переработки птичьего помета 15

1.3 Анализ существующих способов и оборудования для гранулирования 18

1.4 Пути совершенствования процесса влажного гранулирования твердой фракции сброженного птичьего помета 30

1.5 Цель и задачи исследования 36

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЛАЖНОГО ГРАНУЛИРОВАНИЯ ТВЕРДОЙ ФРАКЦИИ СБРОЖЕННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА 38

2.1 Обоснование конструктивно-технологической схемы гранулятора . 38

2.2 Теоретическое обоснование условий движения твёрдой фракции сброженного птичьего помёта для влажного гранулирования

в фильере матрицы 42

2.3 Определение объёмного расхода через фильеру матрицы шнеково-

го гранулятора 48

2.4 Определение производительности шнекового гранулятора 52

2.5 Определение мощности, расходуемой шнековым гранулятором 55

Выводы 62

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ВЛАЖНОГО ГРАНУЛИРОВАНИЯ ТВЕРДОЙ ФРАКЦИИ СБРОЖЕННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА 64

3.1 Программа исследований 64

3.2 Место проведения экспериментов 64

3.3 Общая методика экспериментальных исследований процесса влажного гранулирования 65

3.4 Определение структурно-механических характеристик твердой фракции сброженного птичьего помета 67

3.5 Методика определения скорости выпрессовывания твердой

фракции сброженного птичьего помета 71

3.6 Методика исследования влияния конструктивных параметров лопастного ножа шнекового гранулятора 73

3.7 Методика исследования процесса влажного гранулирования

твердой фракции сброженного птичьего помета 77

3.8 Методика определения прочности и крошимости гранул произведенных из твердой фракции сброженного птичьего помета. 84

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ВЛАЖНОГО ГРАНУЛИРОВАНИЯ ТВЕРДОЙ ФРАКЦИИ СБРОЖЕННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА И ИХ АНАЛИЗ 87

4.1 Определение дисперсности твердой фракции сброженного помета .... 87

4.2 Результаты исследования структурно-механических свойств

твердой фракции сброженного птичьего помета 88

4.3 Результаты исследования скорости выпрессовывания твердой фракции сброженного птичьего помета из фильер матрицы 97

4.4 Результаты исследования влияния конструктивных параметров лопастного ножа на создаваемое им давление, с помощью программного комплекса FlowVision 99

4.5 Результаты исследования процесса влажного гранулирования 101

Выводы 111

5 РЕЗУЛЬТАТЫ ГРАНУЛИРОВАНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ

СБРОЖЕННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА В

ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ 113

5.1 Результаты производственных испытаний шнекового гранулятора .... 113

5.2 Технико-экономическая оценка работы усовершенствованного шнекового гранулятора в технологической линии 117

5.2.1 Определение затрат на изготовление усовершенствованного шнекового гранулятора 117

5.2.2 Технико-экономическая оценка работы усовершенствованного

шнекового гранулятора 120

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 124

ЛИТЕРАТУРА 126

ПРИЛОЖЕНИЯ 140

ЗАКЛЮЧЕНИЕ Итоги выполнения исследования

1. Установлено, что энергоэффективным способом совершенствования про¬цесса влажного гранулирования высокодисперсной твёрдой фракции сброженного птичьего помёта влажностью 39.42 % является ее преобразование из исходного сыпучего состояния в вязкопластическую среду за счет формирования эффектив¬ной вязкости описываемой показательной функцией Гершеля-Балкли (10).

Реологическая модель течения ТФ СПП позволила аналитически опреде-лить режимы работы шнекового гранулятора при ламинарном виду движении ТФ СПП с числом Рейнольдса равным 4,0.5,3. Разработана конструктивно- технологическая схема шнекового гранулятора с зоной пластикации и лопастным ножом, обеспечивающая трансформацию сыпучего материала в вязкопластиче- ское состояние (патент на полезную модель №176969).

2. Определена теоретическая зависимость производительности шнеково¬го гранулятора (П), учитывающая уменьшение номинального диаметра (кйн) фильеры, обусловленное налипанием волокнистых частиц на перегородках матрицы, структурно-механические свойства ТФ СПП (пэф) и конструктивно- режимные параметры (Ар, п).

Анализ составляющих мощности, расходуемой на влажное гранулирова¬ние ТФ СПП (уравнение 9), показывают, что при частоте вращения шнекового гранулятора п = 14.24 рад/с, соответствующей скорости сдвига т = 1.5 с-1 и принятых параметрах шнекового гранулятора их процентные соотношения равны: N1 = 27,2.23,8 %, N2 = 17,4.23,8 %, N3 = 15,7.15,8%, N4 = 42,7.42,9 %, что доказывает рациональность предложенной конструктивно- технологической схемы шнекового гранулятора с зоной пластикации и лопаст¬ным ножом.

3. Экспериментально установлено, что ТФ СПП можно отнести к высоко-концентрированным дисперсным твердым системам, основную долю которых со-ставляет 69 % частицы размером менее 1 мм, а также 12 % волокнистые частицы размером от 2 до 3 и выше мм, что подтверждает необходимость очистки фильер матрицы лопастным ножом. Определена экспериментальная зависимость перехода сыпучего материала в вязкопластическое состояние, описываемое уравнением (11) изменения эффективной вязкости (цф ТФ СПП от напряжения сдвига (т).