

УДК 631.363.636.085

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СМЕСИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Шацкий В.В., профессор, Коломиец С.М., доцент
(Таврический государственный агротехнологический университет)

В статье представлены результаты математического моделирования динамичности структуры смеси сыпучих материалов в порции постоянного объема. Получены закономерности, которые дополняют теорию смешивания сыпучего материала и позволяют провести совершенствование методологии оптимизации технико-технологического обеспечения биотехнической системы кормления животных.

Постановка проблемы. Обеспечение качества производимой продукции возможно при наличии на предприятии действующей системы качества, которая рассматривает продукцию на всех этапах ее жизненного цикла. Это предполагает проводить обоснование технологических решений на стадии проектирования математическим моделированием, что очень важно в условиях инновационной модели развития отрасли. К тому же исследование процессов методом натурального эксперимента требует значительных материальных расходов и расходов времени.

Использование таких математических моделей сдерживается из-за отсутствия зависимостей, которые описывают взаимосвязи качества функционирования технологического оборудования, которое во многом определяется его конструктивными и технологическими решениями, и свойствами используемых материалов (в том числе и кормовых), и влияния этих факторов на формирование среды обитания животных и, как следствие, их прямого или косвенного влияния на продуктивность животных.

Стержнем таких моделей является подмодель приготовления кормов и их конверсии в продукцию животных, разрабатываемая на основе зависимостей качества приготовления кормов от качества функционирования технологического оборудования, определяемого его технологическим решением. Но это невозможно осуществить без наличия математически описываемых взаимосвязей физико-механических свойств компонентов кормовой смеси и качества их смешивания [1].

Качество кормов определяется наличием в порции, выдаваемой животному, всех необходимых питательных веществ и энергии при высоком уровне диетических свойств. Это зависит от качества смешивания, которое должно обеспечить присутствие в порции, необходимого количества, определенного из условия балансирования рациона, компонентов рациона,

представленных в виде измельченных частиц различного размера и, естественно, отличающихся питательной и энергетической ценностями.

Это обстоятельство вызывает необходимость включения в порцию определенного количества частиц компонентов кормовой смеси, при условии, что количество частиц каждого компонента имеет допустимое отклонение по массе.

Ввиду того, что при смешивании компонентов их подача в смеситель имеет отклонение потоков по массе, которое обеспечивается, в том числе, и фракционным составом корма, то в случае отклонения одного компонента происходит противоположное отклонение других компонентов по объему и массе в порции постоянного объема, выдаваемой животному [2].

Это является причиной изменения питательной и энергетической ценности порций корма, что существенно влияет на продуктивность животных.

Теоретически влияние отклонения компонентов комбикормов при смешивании на качество балансирования кормовой смеси сыпучих кормов не исследовано, что обозначает проблему определения допустимых показателей качества функционирования технико-технологического обеспечения кормления животных сыпучими кормами. Важно при этом выяснить влияние качества измельчения наиболее ценных зерновых материалов на качество смешивания и продуктивность животных.

Это является основным препятствием при разработке общей модели производства животноводческой продукции и научной проблемой.

Поэтому разработка таких моделей является актуальной для создания математических моделей производства свиноводческой продукции.

Цель работы. Моделирование структуры смеси сыпучих материалов в процессе смешивания проводится с целью определения зависимости количества смешиваемых компонентов в порции, выдаваемой животному, от качества смешивания, с учетом неравномерности подачи, фракционного состава компонентов рациона и вероятностного распределения частиц корма в порции, а также влияния качества смешивания на продуктивность животных.

Метод исследований. Математическое моделирование процесса смешивания смеси двух компонентов разных размеров и плотности выполняется согласно разработанной математической модели динамичности структуры смеси сыпучих материалов [3]. На основе этого определяется вероятность расположения одного компонента среди частиц другого (как правило, основного компонента), его количество и количество другого компонента. Диаметр частиц А неизменный (1мм), а частиц В изменяется от 1мм до 4мм.

Результаты исследований. Согласно выдвинутой гипотезе о непропорциональности влияния количества одного компонента смеси на количество другого (других) компонента в порции одинакового размера изменение количественного соотношения частиц разного размера влияет на плотность смешиваемого материала и качественный состав кормовой смеси.

Поэтому моделирование структуры смеси сыпучих материалов в процессе смешивания проводится с целью определения закономерностей взаимного влияния параметров смешиваемых компонентов в порции, выдаваемой животному, на их распределение и, как следствие, на качество смешивания. Последнее определяется с учетом неравномерности подачи, фракционного состава компонентов рациона и вероятностного распределения частиц корма в этой порции.

Эти закономерности являются связующим звеном между параметрами технологических процессов и качеством приготовленного корма, определяющим влияние параметров технологического оборудования и продуктивности животных в общей методологии обоснования (оптимизации) технологических решений производства.

Математическое моделирование процесса проводится согласно разработанной математической модели динамичности структуры смеси сыпучих материалов [3] смешиванием двух компонентов разных размеров, где второй компонент может представлять смесь других компонентов по усредненным параметрам. На основе этого определяется вероятность распределения одного компонента среди частиц другого компонента (как правило, представляющего смесь других компонентов). Стохастичность процесса проявляется различным сочетанием частиц одинакового размера с образованием компактных блоков (групп). Чем ниже качество смешивания, чем больше количество частиц в блоке и самих блоков.

Вероятность появления компактных блоков оценивается на основании статистики Бозе-Эйнштейна [4], которая позволяет определять их количество при различном сочетании частиц в зависимости от общего количества частиц в контрольной порции.

Для исследования примем порцию двухкомпонентного сыпучего материала массой 200 г, где частицы А составляют 180 г или 61419 частиц, а частицы В - 20 г или 6824 частицы. Диаметр частиц А составляет 2 мм, а диаметр частиц В изменяется в пределах от 2мм до 8 мм, что соизмеримо с размерами зернового материала.

Увеличение диаметра частиц В с 2мм до 4 мм, что снижает количество частиц В с 6824 до 107 при неизменной массе порции, приводит к нелинейному росту количества сочетаний частиц В в блоках с 3 до 617 для n_{2B} – блоков и от 1 до 238 для n_{3B} – блоков, что является причиной нелинейного снижения плотности смеси сыпучего материала порции с $0,571\text{г/см}^3$ до $0,553\text{г/см}^3$.

Изменение количества n_B -блоков описывается степенной зависимостью $n_{2B} = 0,0228n_B^{1,156}$ для двухчастичных блоков и зависимостью $n_{3B} = 0,0068n_B^{1,185}$ для трехчастичных блоков (рисунок 1), что является основной причиной нелинейного изменения компактности расположения частиц В в порции.

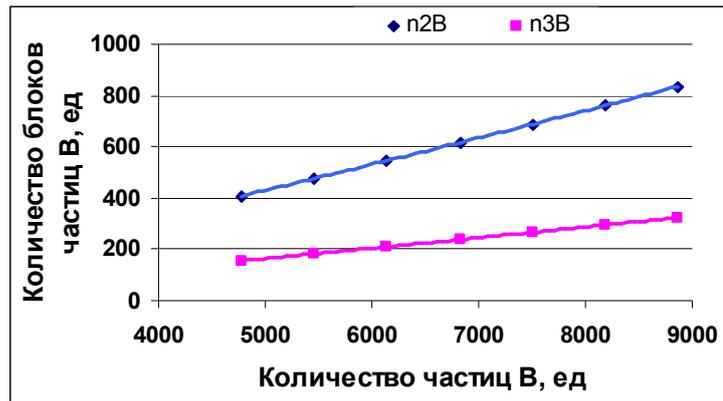


Рисунок 1 – Залежності кількості nВ - блоків від кількості частиць В

Моделювання структури порції при рівних розмірах частиць А і В підтверджує наше припущення. Так відхилення кількості частиць В в порції від середнього значення 6824 одиниць в сторону зменшення і збільшення на 2047 частиць призводить, відповідно, до зниження кількості n2В- блоків від середнього значення 617 на 209 одиниць і збільшенню на 218, і для n3В- блоків (середнє значення – 238), відповідно, на 82 і 86 блоків. то єсть до непропорційного зміненню кількості утворених блоків.

Зниження кількості nВ – блоків, при збільшенні розміру частиць В, призводить до зростання кількості частиць А, не контактуючих з поверхнею частиць В в nВ- блоках, що супроводжується збільшенням їх об'єму A_x (рисунок 2) і, відповідно, щільності. Остання знаходиться в залежності від об'єму частиць.

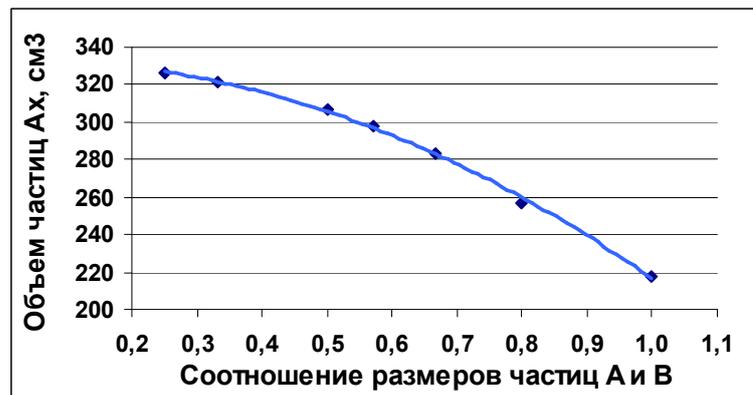


Рисунок 2 – Залежність об'єму частиць A_x , не контактуючих з частинами в nВ-блоках, від співвідношення розмірів частиць dA/dB (при постійній масі порції)

Змінення співвідношення розмірів частиць А і В, при постійній масі порції, викликає оберненопропорційне і також не лінійне змінення (326...218 ед.) кількості частиць A_x , не контактуючих з частинами В в nВ-блоках.

Нелинейность изменения количества частиц A_x образуется в результате варьирования количества блоков и контактирующих с ними частиц A , и непостоянства плотности расположения частиц, где взаимодействие линейных (и не линейных) измерений приводит к нелинейному изменению результирующей функции. При этом объем порции увеличивается с 350,3 до 361,7 см³.

Изменение количества частиц одного компонента кормовой смеси в порции неизменной массы (что проявляется через массу этих частиц) вызывает обратнопропорциональное изменение количества частиц другого компонента. Это оказывает влияние на плотность смешиваемого материала. С увеличением массы, а значит и количества частиц B , снижается количество и масса частиц A в порции, что снижает объем порции и, как следствие, повышает плотность смеси.

Уменьшение частиц A в порции снижает удельное количество частиц A , приходящееся на одну частицу B . Причём изменение массы частиц B с ростом соотношения dA/dB размеров частиц вызывает увеличение непропорциональности изменения удельного количества частиц A . Отклонение массы частиц B от среднего значения 20 г в меньшую и большую стороны на 6 г, соответственно, увеличивает удельное количество частиц A с 9 на 2,05 и уменьшает на 1,06 (рисунок 3).

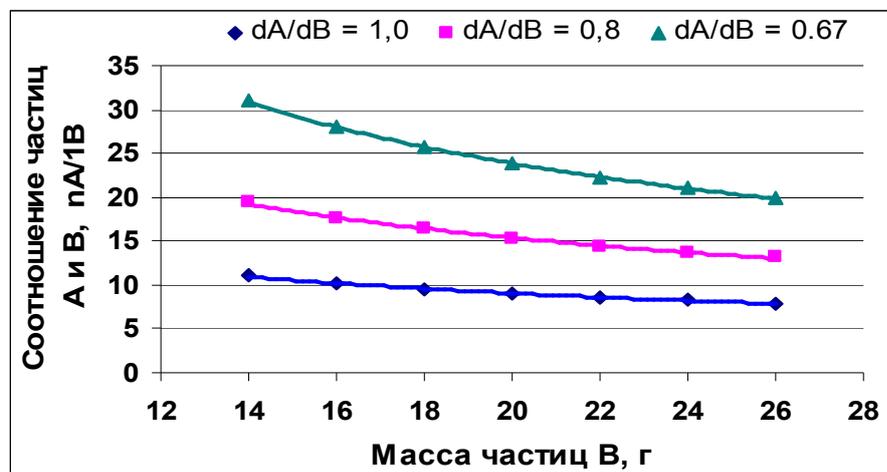


Рисунок 3 – Удельное количество частиц A в зависимости от массы частиц B

Увеличение размера частиц B до 2,5 мм вызывает более значительные отклонения удельной величины, соответственно на 4,1 и 2,15, которые отличаются в 1,91 раз. Характер изменений сохраняется с увеличением размера частиц B .

Снижение количества частиц А с повышением массы частиц В (14...26г), а следовательно и их количества, приводит к повышению плотности смеси компонентов, которая при равном размере частиц увеличивается с 0,481 до 0,663г/см³. С увеличением размера частиц В до 2,5мм и 3,0мм плотность снижается, а характер нелинейного ее роста с повышением массы частиц В сохраняется.

Вышеприведенное позволяет определить закономерности влияния отклонения количества частиц В на изменение количества частиц А в порции постоянного объема при изменении фракционного состава смеси. В порции объемом в 350,3см³ отклонение количества частиц В от среднего значения 6824 частицы в сторону уменьшения и увеличения на 2047 частиц вызывает непропорциональное изменение количества частиц А, которое составляет 8650 и 9013 частиц, отклонения частиц В на 1365ед., соответственно, – на 5615 и 5975 ед. Отклонение частиц В на 682ед. снижает непропорциональность изменения частиц А, которое составляет 2930 и 2969 частиц. Разность отклонений частиц А при отклонении частиц В на 628, 1365 и 2047 ед., соответственно, составляет 40, 160 и 363 частицы.

Повышение размера частиц В до 2,5мм и 3,0мм уменьшает расхождение количества частиц А от средних значений 53428 и 48947ед., при отклонении частиц В на 628, 1365 и 2047 ед., соответственно, составляет 30,120, 272 и 22, 88, 201 частицу.

Отнесение полученных разностей отклонений частиц А на единицу отклонения частиц В дает возможность получить количественную оценку непропорциональности отклонения частиц А, которое в диапазоне изменения соотношений размеров частиц А и В 0,25...1,0 для отклонений частиц В 628, 1365 и 2047 ед., соответственно, изменяется в пределах 0,88...5,83, 1,76...11,72 и 2,67...17,74 %.

Моделирование структуры двухкомпонентной смеси частиц сыпучего материала подтвердило нашу гипотезу о непропорциональности взаимовлияния количества одного компонента смеси на количество другого в постоянном объеме порции.

Выводы. Полученные закономерности изменения количества одних частиц, при изменении количества других, дополняет теорию смешивания сыпучего материала. Это позволяет провести совершенствование методологии оптимизации технико-технологического обеспечения биотехнической системы кормления животных на основе усовершенствованных моделей технологических процессов приготовления и конверсии корма в продукцию животных.

Список литературы

- 1 Карлин С. Основы теории случайных процессов/ С. Карлин; пер. с англ.; под ред. Коваленко И.Н.- М.: Мир, 1971.- С.61.
- 2 Хокни Р. Численное моделирование методом частиц./ Р. Хокни, Дж. Иствуд; пер. с англ.- М.: Мир, 1987.- 640с.
- 3 Шацкий В.В. Математическое моделирование динамичности структуры смеси сыпучих материалов. / В.В. Шацкий, А.С. Тисличенко, С.М. Коломиец // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка, вип. 144 «Технічні системи і технології тваринництва».- Харків, 2014.- С. 165.-174.
- 4 Комбинаторика. Число сочетаний/ [natalymath.narod.ru / combinatory.html](http://natalymath.narod.ru/combinatory.html).

Анотація

Моделювання структури суміші сипких матеріалів

Шацький В.В., Коломієць С.М.

У статті представлені результати математичного моделювання динамічності структури суміші сипких матеріалів в порції постійного об'єму. Отримані закономірності, які доповнюють теорію змішування сипкого матеріалу і дозволяють провести вдосконалення методології оптимізації техніко-технологічного забезпечення біотехнічної системи годування тварин.

Abstract

Design of structure of mixture of friable materials

V. Shatsky, S. Kolomiyets

In the article the results of mathematical design of dynamic quality of structure of mixture of friable materials are presented in portion of permanent volume. Conformities to law, which complement the theory of mixing of friable material and allow to conduct perfection of methodology of optimization of the tekhniko-technological providing of the biotechnical system of feeding of zoons, are got.