

Алиев Э.Б.¹,
Гаврильченко А.С.²,
Луц С.М.¹

¹ Институт масличных культур НААН,
с. Солнечное, Запорожская обл., Украина
² Днепропетровский государственный
аграрно-экономический университет
г. Днепр, Украина

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССА ВНЕСЕНИЯ СОЛОМЕННОЙ
ПОДСТИЛКИ РОТОРНЫМ РАЗБРАСЫВАТЕЛЕМ

УДК 631.361

В результате численного моделирования методом DEM процесса внесения соломенной подстилки роторным разбрасывателем с уплотнительной и направляющей пластинами получен диапазон его рабочих конструктивно-технологических параметров. В результате оптимизации полученных диапазонов по критерию равномерности распределения соломенной подстилки в боксе получены рациональные конструктивно-технологические параметры.

Ключевые слова: солома, подстилка, разбрасыватель, конструкция, схема, моделирование

Введение. Особую актуальность на существующих фермах приобретают вопросы механизации вспомогательных процессов, одним из которых является внесение подстилки. В качестве подстилочного материала используют солому, которая имеет ряд технологических преимуществ: уменьшение расхода тепла, выделяемого животными (КРС) на 12-14 %; уменьшение заболеваний животных на 25-30 %; повышение молочной продуктивности на 10-15 %; уменьшение затрат кормов на 23 %; уменьшение заболеваний коров маститом; значительная влагопоглощающая способность (1 кг подстилки на 3-4 кг влаги) поглощать аммиак, сероводород и другие газы [1].

Технологические требования к соломенной массе при внесении ее в качестве подстилочного материала: степень раздробленности – 6-15 см; плотность – 55 кг/м³; ширина подстилочного слоя – 0,1-0,2 м [1]. Исходя из сказанного, вопрос разработки конструкции разбрасывателя соломенной подстилки для ферм КРС с беспривязное содержание на данный момент времени является актуальным.

Цель исследований. Провести численное моделирование процесса внесения соломенной подстилки роторным разбрасывателем и установить диапазоны его рациональных конструктивно-технологических параметров.

Основная часть. Для обоснования конструктивно-технологических параметров роторного разбрасывателя соломы проведем численное моделирование в программном пакете Star CCM +. Построение физико-математической модели процесса внесения соломенной подстилки проведем на основе метода дискретных элементов, который основывается на законах сохранения импульса и момента импульса для лагранжевых моделей многофазной среды [2-7]. Однако для построения физико-математической модели необходимо принять предположение о том, что частицы соломы представляются в виде цилиндров с определенной плотностью и размерами. При моделировании процесса указанным методом задаются исходные положения частиц соломенной подстилки. Затем, исходя из этих исходных данных заданных физических законов контактного взаимодействия, вычисляются силы, действующие на каждую частицу в каждой интервал времени. Для каждой частицы вычисляется результирующая сила и также решается задача Коши на выбранном отрезке времени, результатом которой является исходные данные для следующего шага. В качестве физических моделей для численного моделирования были вы-

браны следующие: поле силы тяжести, модель дискретных элементов, лагранжевая многофазность, модель многофазного взаимодействия [5].

На основе анализа литературных источников для проведения численного моделирования было отобрано четыре фактора, которые наиболее существенно влияют на рабочий процесс и выбраны их натуральные значения на нулевом уровне и уровне их варьирования.

Интервалы и уровни варьирования факторов при проведении исследований приведены в табл. 1.

В качестве критериев оценки исследований были выбраны: дальность внесения соломенной подстилки в боксы $L = 2,5-3$ м; средняя высота слоя внесенной соломенной подстилки в боксе $h = 0,1-0,2$ м; равномерность распределения соломенной подстилки по длине бокса.

Равномерность распределения соломенной подстилки по длине бокса рассчитывается по формуле:

$$\delta = 1 - \frac{100}{H_c} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_{ci} - \bar{H}_c)^2}{n-1}}, \% \quad (1)$$

где H – высота слоя соломенной подстилки, м.

Для определения влияния каждого из факторов на критерии оптимизации процесса внесения соломенной подстилки проведены $3^4 = 81$ численных опытов.

Таблица 1

Интервалы и уровни варьирования факторов

Уровень вариации фактора	Фактор			
	Частота вращения ротора, мин ⁻¹	Угол наклона уплотняющей пластины, град	Угол наклона направляющей пластины, град	Длина направляющей пластины, м
	n	α	β	l
Верхний уровень (+)	500	30	25	0,3
Основной уровень (0)	300	20	15	0,2
Нижний уровень (-)	100	10	5	0,1
Интервал вариации	200	10	10	0,1

Визуализация численного моделирования приведена на рис. 1.

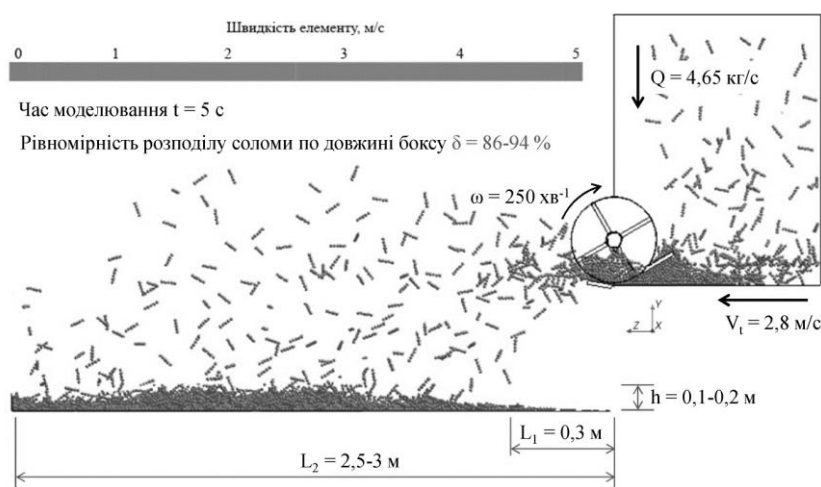


Рис. 1 – Визуализация численного моделирования процесса внесения соломенной подстилки роторным разбрасывателем

В результате обработки данных получены математические модели:

- дальности внесения:

$$L = -2,96 + 20l - 66,67l^2 + 0,0094n - 9,36 \times 10^{-6}n^2 + 0,075a - 0,00375a^2 + 0,188b - 0,0038b; \quad (2)$$

- высота слоя:

$$h = 0,7639 - 1,859l + 6,64l^2 - 0,001063n + 1,063 \times 10^{-6}n^2 - 0,0085a + 0,00043a^2 - 0,021b + 0,00044b^2; \quad (3)$$

- равномерность распределения соломенной подстилки по длине бокса:

$$\delta = -92,34 + 580,556l - 1319,4l^2 + 0,483n - 0,00112n^2 + 5,806a - 0,132a^2 + 2,11b - 0,132b^2. \quad (4)$$

Графическая интерпретация уравнений (2) и (3) представлена на рис. 2.

Графическая интерпретация уравнения (4) представлена на рис. 3.

Принимая условие максимума равномерности распределения соломенной подстилки получаем рациональные параметры: $n = 216 \text{ мин}^{-1}$; $\alpha = 22,1^\circ$; $\beta = 7,8^\circ$; $l = 0,22 \text{ м}$. При этом равномерность распределения соломенной подстилки составляет 95,8 %.

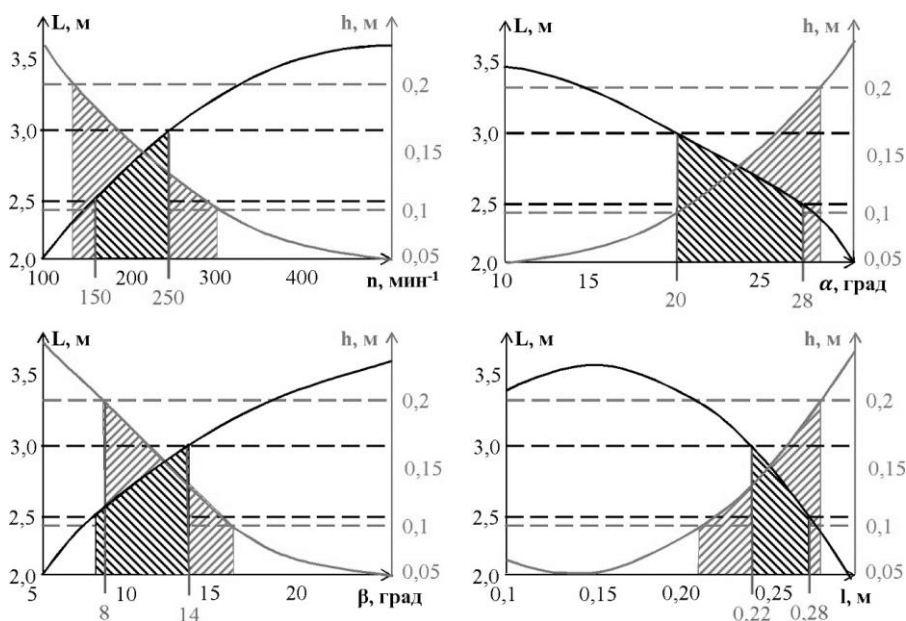


Рис. 2 – Влияние исследуемых факторов на дальность внесения соломенной подстилки в боксы и среднюю высоту ее слоя

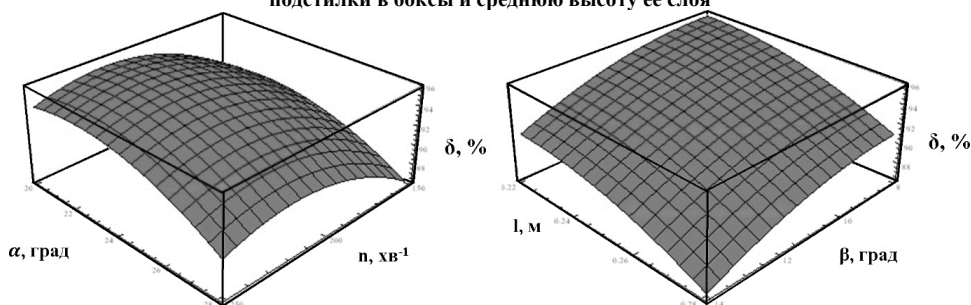


Рис. 3 – Влияние исследуемых факторов на равномерность распределения соломенной подстилки по длине бокса

Выводы. В результате численного моделирования методом DEM процесса внесения соломенной подстилки роторным разбрасывателем с уплотнительной и направляющей пластинами получено диапазон его рабочих конструктивно-технологических параметров, а именно частота вращения ротора 15-200 мин^{-1} , угол наклона уплотняющей 20-28° и направляющей 8-14° пластин и длина направляющей пластины 0,22-0,28 м, при которых дальность внесения соломенной подстилки в боксы 2,5-3 м и средняя высота ее

слоя 0,1-0,2 м. В результате оптимизации полученных диапазонов по критерию равномерности распределения соломенной подстилки в боксе (95,8%) получены рациональные конструктивно-технологические параметры: частота вращения ротора 216 мин⁻¹; угол наклона уплотняющей 22,1° и направляющей 7,8° пластин и длина направляющей пластины 0,22 м.

Литература:

1. Луц С.М. Зоотехнічні аспекти внесення підстилки на фермах великої рогатої худоби / С. Луц // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2012. – Вип. 120. – С.162-166.
2. Bai, C. 1996. “Modelling of spray impingement processes”, Ph. D Thesis, University of London.
3. Bai, C., and Gosman, A.D. 1995. “Development of methodology for spray impingement simulation”, SAE Technical Paper Series 950283.
4. Cundall, P. A., Strack, O. D. L. 1979. “A discrete numerical model for granular assemblies”, Geotechnique, 29, pp. 47-65.
5. Johnson K.L. Contact Mechanics / K.L. Johnson // Cambridge University Press. – 1987. – 434 p.
6. Walton, O.R. 1993. “Numerical simulation of inelastic, frictional particle-particle interactions”, in Particulate Two-Phase Flow, M.C. Roco, Ed., Butterworth-Heinemann, Stoneham, MA, pp. 884-911.
7. Crowe, C.T., Sommerfeld, M., and Tsuji, Y. 1998. Multiphase Flows with Droplets and Particles. CRC Press, Boca Raton.

Summary

E. Aliev, A. Gavrilchenko, S. Luts Results of numerical modeling of the process of salmonite submission by rotary distributor

As a result of numerical modeling by the method of DEM of the application of straw bedding with a rotary spreader with sealing and guide plates, a range of its working design parameters has been obtained. As a result of optimization of the obtained ranges, rational design and technological parameters were obtained in the box by the uniformity criterion for the distribution of straw litter.

Keywords: straw, litter, spreader, construction, scheme, modeling

References

1. Luc S.M. Zootehnikhni aspekti vnesennya pidstilki na fermah velikoyi rogotoyi hudobi / S. Luc // Visnik Harkivskogo nacionalnogo tehnicnogo universitetu silskogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka. – 2012. – Vip. 120. – S.162-166.
2. Bai, C. 1996. “Modelling of spray impingement processes”, Ph. D Thesis, University of London.
3. Bai, C., and Gosman, A.D. 1995. “Development of methodology for spray impingement simulation”, SAE Technical Paper Series 950283.
4. Cundall, P. A., Strack, O. D. L. 1979. “A discrete numerical model for granular assemblies”, Geotechnique, 29, pp. 47-65.
5. Johnson K.L. Contact Mechanics / K.L. Johnson // Cambridge University Press. – 1987. – 434 p.
6. Walton, O.R. 1993. “Numerical simulation of inelastic, frictional particle-particle interactions”, in Particulate Two-Phase Flow, M.C. Roco, Ed., Butterworth-Heinemann, Stoneham, MA, pp. 884-911.
7. Crowe, C.T., Sommerfeld, M., and Tsuji, Y. 1998. Multiphase Flows with Droplets and Particles. CRC Press, Boca Raton.