

**Міністерство освіти і науки України**  
**Ministry of Education and Science of Ukraine**

**НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ**  
**SCIENCE JOURNAL**

**ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС АГРОПРОМИСЛОВОГО,  
ЛІСОВОГО ТА ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСІВ**

**2018, № 13**

**Technical service of agriculture, forestry  
and transport systems 2018, № 13**

**Харків – 2018 – Kharkiv**

**НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС АГРОПРОМИСЛОВОГО,  
ЛІСОВОГО ТА ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСІВ»**

**SCIENCE JOURNAL «TECHNICAL SERVICE OF AGRICULTURE,  
FORESTRY AND TRANSPORT SYSTEMS»**

**Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів» містить оглядові статті та результати досліджень у відповідності із рубриками:**

- Технічний сервіс машин агропромислового комплексу.
- Технічний сервіс машин лісового та транспортного комплексів.
- Технології та засоби діагностування.
- Проблеми використання паливомастильних матеріалів та альтернативних видів палив.
- Техніка і технології тваринництва.
- Проблеми надійності.
- Проблеми відновлення деталей машин.
- Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження.
- Питання сприяння розвитку науки і техніки
- Інноваційні методи та технології у підготовці фахівців.

**Журнал призначений для виробників, викладачів, наукових співробітників, аспірантів і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.**

**Засновник:** Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. Наказом МОН №132 від 21.12.15. журнал включено до Переліку наукових фахових видань України.

Журнал виходить 2 – 4 рази на рік. Мова видання: українська, російська, англійська.

Затверджено до друку рішенням Вченої ради Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка (протокол № 7 від 29.03.2018).

ISSN 2311-441X

©Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, 2017.

**Journal "Technical service of agriculture, forestry and transport systems" comprising review articles and research results, researches in accordance with sections:**

- Technical service machines agricultural sector.
- Technical service forestry machinery and transport facilities.
- Technology and diagnostics.
- Poor use of fuel, lubricants and alternative fuels.
- Engineering and Technology livestock.
- Problems of reliability.
- Poor recovery.
- The problems of energy supply and energy efficiency.
- The issue of promoting science and technology

**The magazine is designed for manufacturers, teachers, researchers, graduate students and students who specialize in the relevant or related fields of science and production areas.**

**Founder:** Kharkov National University, technically agriculture Petro Vasilenko. Order of MES №132 from 12.21.15. magazine included in the list of scientific professional publications of Ukraine.

The magazine is published 2 - 4 times a year. Language: Ukrainian, Russian and English.

Approved for publication decision of the Academic council of Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture (report № 7 from 29.03.2018).

ISSN 2311-441X

© Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, 2017.

#### **Редакційна колегія:**

*Головний редактор* – **Войтов В.А.**, д.т.н., проф.  
(Україна, Харків)

*Заступник головного редактора* – **Науменко О.А.**,  
к.т.н., проф., академік Інженерної академії України  
(Україна, Харків)

*Технічний редактор* – **Калінін Є.І.**, к.т.н., доц.  
(Україна, Харків)

#### *Члени редакційної колегії:*

**Марьян Г.Ф.**, д. т. н., проф., (Молдова, Кишинев)  
**Пастухов А.Г.**, д. т. н., проф., (Росія, Белгород)  
**Jozef Kolodziejv**, д. т. н., проф., (Польща, Люблін)  
**Jerzy Grudzinski**, д. т. н., проф., (Польща, Люблін)  
**Martin Schüßler** (Мюнхен, Германия)  
**Reinhard Neudorfer** (Мюнхен, Германия)  
**Скобло Т.С.**, д. т. н., проф., (Україна, Харків)  
**Сідашенко О.І.**, к. т. н., проф. (Україна, Харків)  
**Ключко О.Ю.**, к.т.н., доц., (Україна, Харків)  
**Власовець В.М.**, д. т. н., проф., (Україна, Харків)  
**Козаченко О.В.**, д. т. н., проф., (Україна, Харків)  
**Тришевський О.І.**, д. т. н., проф., (Україна, Харків)  
**Кухтов В.Г.**, д. т. н., проф., (Україна, Харків)  
**Суска А.А.**, к. е. н., (Україна, Харків)  
**Гринченко О. С.** д. т. н., проф., (Україна, Харків)

#### **Editorial Board:**

*Chief Editor* — **V. Vojtov**, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)

*Deputy Chief Editor* — **A. Naumenko**, Ph.D., Prof.,  
(Ukraine, Kharkov)

*Technical editor* — **E. Kalinin**, Ph.D., (Ukraine, Kharkov)

#### *Members of the Editorial Board:*

**G. Maryan**, Dr.Sc., Prof. (Moldova, Chisinau)  
**A. Pastuhov**, Dr.Sc., Prof. (Russia, Belgorod)  
**J. Kolodziejv**, Dr.Sc., Prof. (Poland, Lublin)  
**J. Grudzinski**, Dr.Sc., Prof. (Poland, Lublin)  
**M. Schüßler** (Munich, Germany)  
**R. Neudorfer** (Munich, Germany)  
**T. Skoblo**, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)  
**A. Sidashenko**, Ph.D., Prof., (Ukraine, Kharkov)  
**O. Klochko**, Ph.D., (Ukraine, Kharkov)  
**V. Vlasovets**, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)  
**O. Kozachenko**, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)  
**O. Trishevsky**, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)  
**V. Kuhtov**, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)  
**A. Suska**, Ph.D., (Ukraine, Kharkov)  
**O. Grynchenko**, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)

#### **Адреса редакції:**

*ННІ ТС, ХНТУСГ ім. П. Василенка,  
просп. Московський 45, Харків,  
Україна, 61050*  
**Тел.:** +38 (057) 732-98-16  
**Сайт:** <http://www.techservis.com.ua>  
**E-mail:** [gurnal\\_tc@ukr.net](mailto:gurnal_tc@ukr.net)

Алиев Э.Б.<sup>1</sup>,  
Гаврильченко А.С.<sup>2</sup>,  
Луц С.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт масличных культур НААН,  
с. Солнечное, Запорожская обл., Украина  
<sup>2</sup> 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/м<sup>3</sup>; 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.

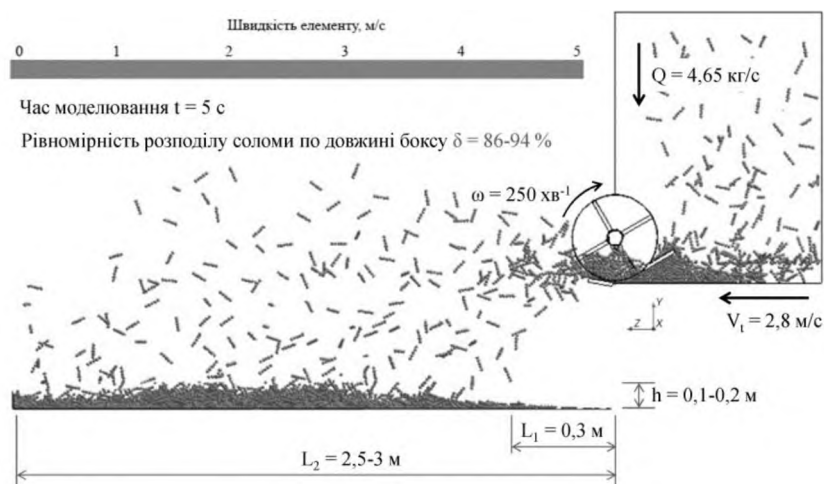
Для определения влияния каждого из факторов на критерии оптимизации процесса внесения соломенной подстилки проведены  $3^4 = 81$  численных опытов.

Таблица 1

**Интервалы и уровни варьирования факторов**

Уровень вариации фактора	Фактор			
	Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	Угол наклона уплотняющей пластины, град	Угол наклона направляющей пластины, град	Длина направляющей пластины, м
	$n$	$\alpha$	$\beta$	$l$
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 %.

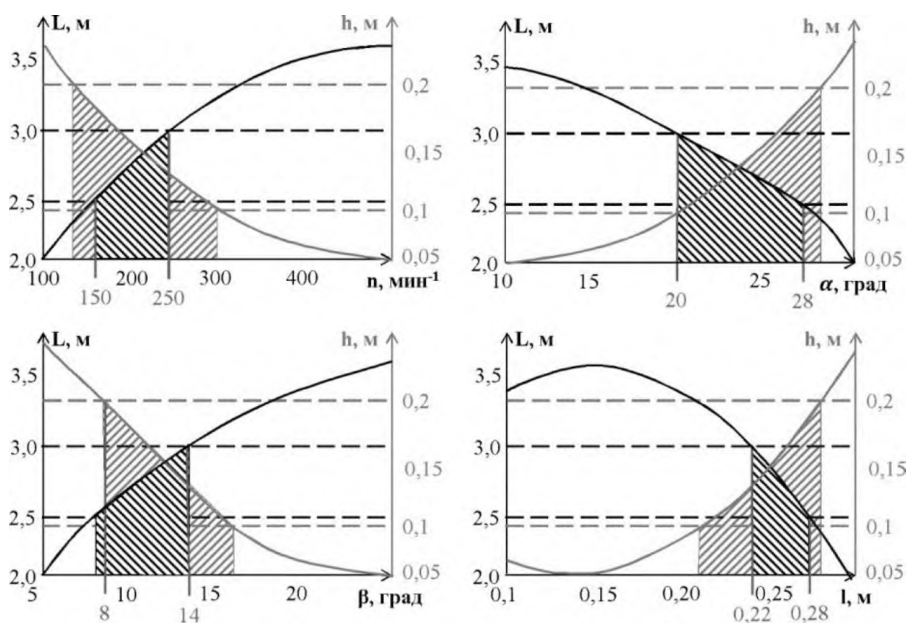


Рис. 2 – Влияние исследуемых факторов на дальность внесения соломенной подстилки в боксы и среднюю высоту ее слоя

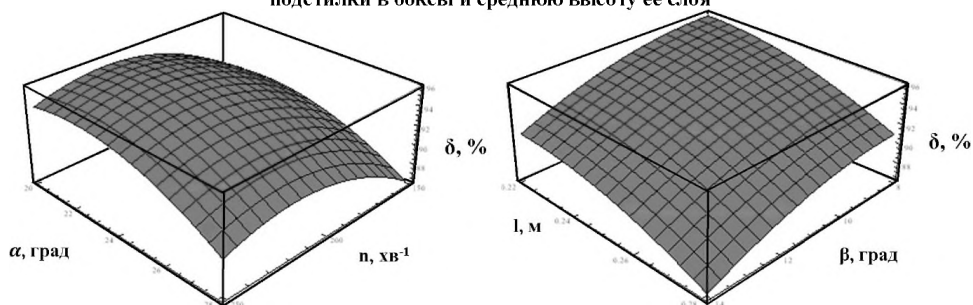


Рис. 3 – Влияние исследуемых факторов на равномерность распределения соломенной подстилки по длине бокса

**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  $\text{мин}^{-1}$ , 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<sup>-1</sup>; 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.