Тип статьи: научная
УДК 004.94; 631.363.7
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-6-93-101

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В «Flow Simulation» «SOLIDWORKS 2018» ПРОЦЕССА ОБТЕКАНИЯ ЛОПАТКИ СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ

Андрей Юрьевич Конев [1]***, Андрей Юрьевич Глазков*** [2]***, Николай Васильевич Хольшев*** [3]***,***
Алексей Владимирович Прохоров [4]***, Сергей Михайлович Ведищев*** [5]
[1,2,3,4,5] *Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия*
[1] konev.a1998@mail.ru, [2] glazkov.ay@mail.ru, [3] xhb@live.ru, [4] prohorov.av@mail.tstu.ru,
[5] serg666_65@mail.ru

Автор ответственный за переписку: Николай Васильевич Хольшев, xhb@live.ru
Corresponding author: Nikolay Kholshev, xhb@live.ru

Реферат. *Получение качественных комбинированных кормов невозможно без эффективных смесителей. Для их совершенствования можно использовать программы имитирующих поведение сыпучих материалов, но большинство из них малодоступны и сложны в освоении. Предлагается применение для оценки движения сыпучих материалов более доступного программного обеспечения, моделирующего процесс течения жидкостей-«Flow Simulation» «SOLIDWORKS 2018». Использована ранее разработанная конструктивная схема, в которой рабочие органы смесителя являются комбинированными и содержат несколько участков лопаток с обоснованными геометрическими параметрами разного назначения (транспортирование и смешивание). Выполнена модель лопатки. Исследуемым параметром являлся угол установки лопаток смесителя относительно вала рабочего органа. Критерием выбора углов установки лопатки было выбрано наличие максимального количества областей потока со скоростями отличными от заданной для общего потока материала. В результате моделирования были получены распределения скорости потока при заданных углах установки лопатки с шагом градации полей скорости потока 0,393 м/с. Установлены граничные значения углов установки лопатки смесителя - от 0° до 60°. Этому критерию отвечают углы установки лопаток от 45° до 0° Показано, что результаты моделирования обтекания плоской лопатки с заданными размерами в целом не противоречат результатам уже существующих исследований. Дальнейшие исследования будут направлены на оценку результатов моделирования на основании натурных экспериментов с последующей корректировкой.*

Ключевые слова: *смешивание, угол установки лопаток, моделирование, смеситель кормов.*

METHODS AND RESULTS OF SIMULATION IN “FLOW SIMULATION” “SOLIDWORKS 2018” OF THE FLOW PROCESS AFTER A FEED MIXER BLADE

Andrey Konev [1]***, Andrey Glazkov*** [2]***, Nikolay Kholshev*** [3]***, Alexei Prokhorov*** [4]***,***
Sergey Vedishev [5]
[1,2,3,4,5] *Tambov State Technical University, Tambov, Russia*
[1] konev.a1998@mail.ru, [2] glazkov.ay@mail.ru, [3] xhb@live.ru, [4] prohorov.av@mail.tstu.ru,
[5] serg666_65@mail.ru

Abstract. *It is impossible to obtain high-quality combined feeds without effective mixers. To improve them, you can use programs that simulate the behavior of bulk materials, but most of them are inaccessible and difficult to master. The use of more accessible software that simulates the process of fluid flow - “Flow Simulation” “SOLIDWORKS 2018” is proposed for assessing the movement of bulk materials. A previously developed design scheme was used, in which the working bodies of the mixer are combined and contain several sections of blades with reasonable geometric parameters for different purposes (transportation and mixing). A model of the scapula has been made. The parameter under study*

was the installation angle of the mixer blades relative to the shaft of the working element. The criterion for selecting blade installation angles was the presence of a maximum number of flow areas with velocities different from those specified for the overall material flow. As a result of the simulation, flow velocity distributions were obtained at given blade installation angles with a gradation step of flow velocity fields of 0.393 m/s. The limit values for the installation angles of the mixer blade are set from 0° to 60°. This criterion is met by blade installation angles from 45° to 0°. It is shown that the results of modeling the flow around a flat blade with given dimensions generally do not contradict the results of existing studies. Further research will be aimed at assessing the simulation results based on full-scale experiments with subsequent adjustments.

Keywords: *mixing, blade angle, modeling, feed mixer.*

Для цитирования: Конев А. Ю., Глазков А. Ю., Хольшев Н. В., Прохоров А. В., Ведищев С.М. Методика и результаты моделирования в «FLOW SIMULATION» «SOLIDWORKS 2018» процесса обтекания лопатки смесителя кормов // Наука в Центральной России Science in the Central Russia. 2023. Т. 66, № 6. С. 93-101. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-6-93-101.

For citation: Konev A., Glazkov A., Kholshev N., Prokhorov A., Vedishchev S. Methodology and results of modeling in “FLOW SIMULATION” “SOLIDWORKS 2018” the process of flow around a feed mixer blade. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2023; 66(6): 93-101. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-6-93-101.

Введение. Использование в полном объеме генетического потенциала продуктивности сельскохозяйственных животных зависит от многих факторов. Одним из которых является кормление животных с учетом их половозрастных особенностей. Наибольший эффект дает применение полнорационных кормовых смесей, обеспечивающих потребности животных всеми необходимыми элементами питания. Такие смеси содержат большое количество компонентов. От равномерности распределения ингредиентов кормовой смеси в порции корма зависит эффективность их применения [1, 2]. Допустимая неравномерность компонентов корма нормируется зоотехническими требованиями различными для каждого вида сельскохозяйственных животных и их половозрастных групп. Существует большое количество моделей смесительного оборудования, отличающихся различными параметрами. Основными характеристиками любого смесителя является его производительность, максимальная неоднородность смешивания и потребляемая мощность. Рост стоимости энергоресурсов и ужесточение требований к качеству смешивания определяет непрерывный процесс совершенствования конструктивно-режимных параметров смесительного оборудования с целью снижения максимальной неоднородности получаемой смеси и уменьшения удельной энергоемкости процесса смешивания [1 - 7]. Рабочие органы смесителей принудительного действия по своей форме разнообразны. Это могут быть шнековые или винтовые навивки, лопатки различной формы, прутковые мешалки. Каждая разновидность рабочего органа имеет свои преимущества и недостатки. Одним из перспективных направлений развития конструкции рабочих органов смесительного оборудования является применение комбинированных рабочих органов. Применение комбинированных рабочих органов позволяет организовывать технологический процесс смешивания компонентов в смесителе, используя положительные качества конкретного конструктивного решения рабочего органа [2, 8, 9].

В конструкции многих смесителей кормов широко применяются лопастные рабочие органы, отличающиеся низкой металлоемкостью, простотой конструкции и приемлемым качеством смешивания. Важными характеристиками лопатки являются ее высота и ширина, а также угол поворота лопатки относительно вала рабочего органа. Данные параметры существенно влияют на качество смешивания, производительность смесителя и потребляемую им на процесс смешивания мощность. существует большое количество рекомендаций по определению данных параметров, но они привязаны к конкретному конструктивному решению и технологической схеме смесителя [2, 3, 9, 10]. Однозначное установление рациональных значений этих параметров для конкретной конструктивно-технологической схемы смесителя возможно только опытным путем, что является ресурсозатратной задачей.

Развитие цифровых технологий позволило в последнее время с достаточной точностью осуществлять моделирование процесса перемещения и перемешивания сыпучих материалов при помощи специализированного программного обеспечения (Rocky DEM, ALTAIR EDEM) [11, 12, 13], а также алгоритмов, предлагаемых различными исследователями [14]. Данный подход получил достаточно широкое распространение и показал высокую эффективность, обеспечивая фактически создание цифровой модели процесса смешивания с высоким уровнем адекватности и возможностью оперативной корректировки входных параметров. Это существенно снижает затраты на проведение натурных экспериментов и время разработки и испытания нового смесительного оборудования, отвечающего современным или специфическим требованиям, позволяя часть натурных экспериментов заменить численными. Существенным препятствием использованию специализированных программных продуктов при научных исследованиях, проводимых аспирантами, является высокая стоимость лицензии и необходимость длительного обучения работе в данных программах. Препятствием использования алгоритмов, предлагаемых отдельными исследователями, является то, что они адаптированы под конкретную конструктивно-технологическую схему смесительного оборудования и могут быть перенастроены под другую схему только разработчиками, что не всегда возможно.

Существует также относительно большое количество систем автоматизированного проектирования, дополненные специализированными инструментами, позволяющими моделировать процессы протекания жидкостей и газов. Это, например, такие инструменты, как «KompasFlow» для «Компас 3D» и «Flow Simulation» для «SOLIDWORKS». Данные системы являются более доступными и распространенными. В первом приближении характер течении жидкости и потока сыпучего материла подобны. Этот факт можно использовать на начальном этапе оптимизации параметров конструкции смесительного оборудования с целью снижения объема исследований. В рамках данного исследования, для предварительного выбора рациональных значений углов встречи потока с лопаткой, имеющей заданные геометрические размеры, было решено произвести моделирование процесса обтекания лопатки в «Flow Simulation» «SOLIDWORKS 2018» [15].

Материалы и методы. С учетом ранее обоснованных геометрических параметров бункера смесителя были приняты внешний и внутренний радиусы лопатки - 125 мм и 80 мм, а также ее ширина по среднему радиусу - 160 мм, величина зазора между кромкой лопатки и дном бункера – 2,5 мм. Толщина лопатки 3 мм, а диаметр стойки лопатки - 25 мм. Коэффициент наполнения сечения был принят равным 1. На основании данных размеров была выполнена модель лопатки в «SOLIDWORKS 2018» (рисунок 1) [15]. Указанные размеры лопатки и ее форма были приняты с учетом конструктивно-технологической схемы смесителя, предложенной авторами данной работы в патенте RU2756742 [8]. В данной конструктивно-технологической схеме смесителя используются комбинированные рабочие органы с несколькими участками лопаток, имеющих различное назначение – транспортирование и смешивание.

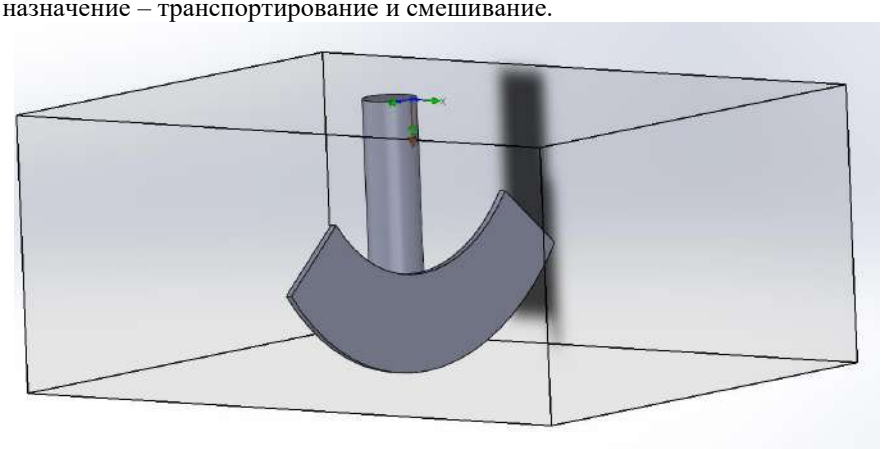
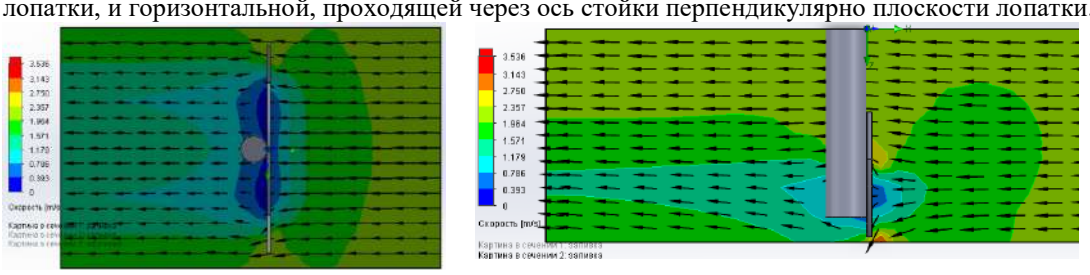


Рисунок 1 - Модель лопатки смесителя в «SOLIDWORKS 2018»

Угол установки лопатки отсчитывался от оси вала рабочего органа и изменялся от 0° до 80° с шагом 20° и дополнительно расчеты проводились для 45°. Изменение угла встречи лопатки и потока осуществлялось путем корректировки направления потока при неизменном положении лопатки. С учетом выбранной максимально допустимой частоты вращения рабочих органов и линейных размеров лопатки исходная скорость потока была принята равной 2 м/с.

Смешивание компонентов корма на уровне макрообъемов возможно при наличии в потоке корма слоев (объемов) корма с различными скоростями, чем больше количество таких слоев и меньше их толщина (объем), тем эффектнее смешивание. Лопатки смесителя с горизонтальным рабочим органом выполняют две функции - смешивание компонентов корма и перемещение смеси к выгрузному окну, поэтому необходимо устанавливать угол лопатки, обеспечивающий оптимальное выполнение этих задач. В данном исследовании критерием выбора рациональных значений углов встречи потока с лопаткой было принято наличие максимального количества областей с различными скоростями потока.

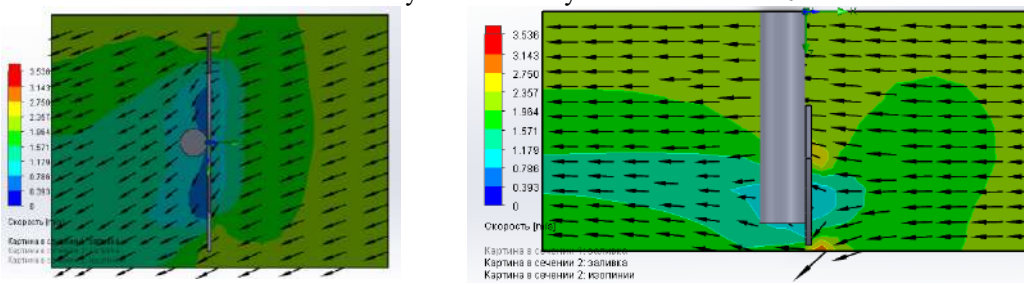
Результаты и их обсуждение. В результате моделирования были получены распределения скорости потока при заданных углах установки лопатки (рисунки 2 - 7). Шаг градации полей скорости потока составил 0,393 м/с. Во всех случаях рассматривались изополя распределения скорости потока в двух плоскостях - вертикальной, проходящей касательно через средний радиус лопатки, и горизонтальной, проходящей через ось стойки перпендикулярно плоскости лопатки.



а) б)

а - горизонтальная плоскость; б - вертикальная плоскость;

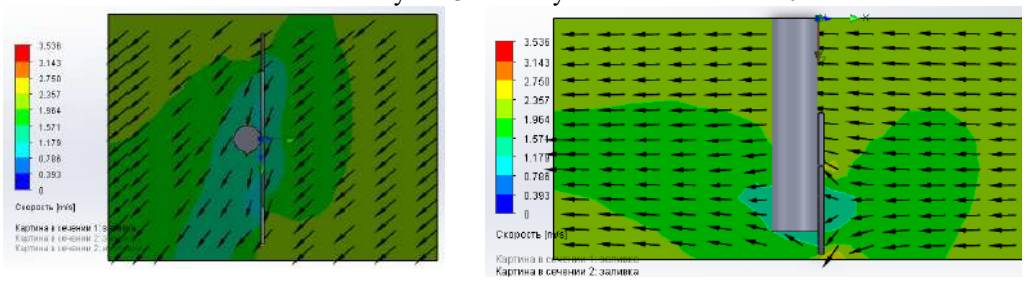
Рисунок 2 - Угол установки лопатки 0°



а) б)

а - горизонтальная плоскость; б - вертикальная плоскость;

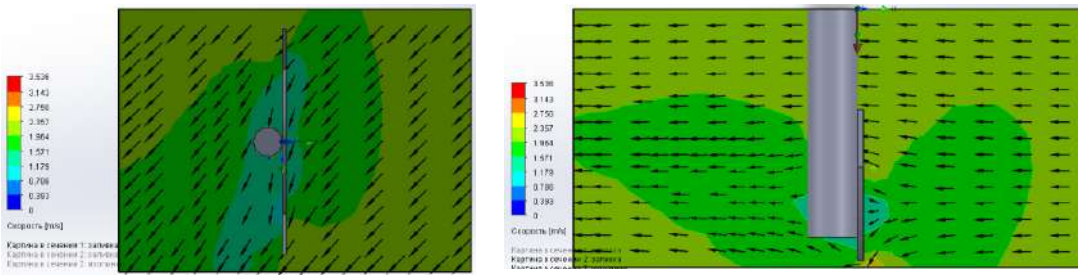
Рисунок 3 - Угол установки лопатки 20°



а) б)

а - горизонтальная плоскость; б - вертикальная плоскость;

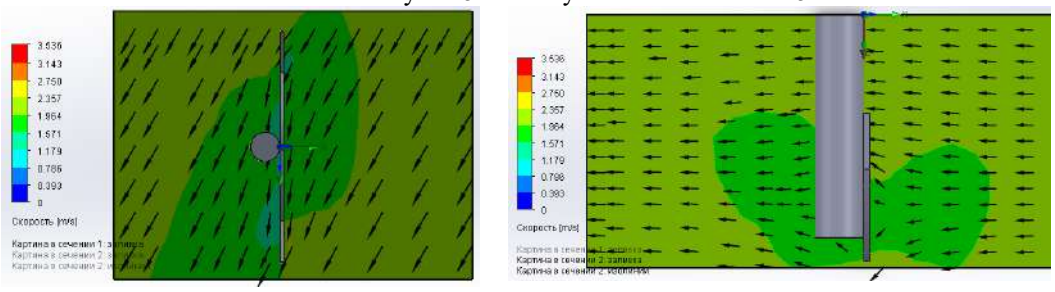
Рисунок 4 - Угол установки лопатки 40°



а) б)

а - горизонтальная плоскость; б - вертикальная плоскость;

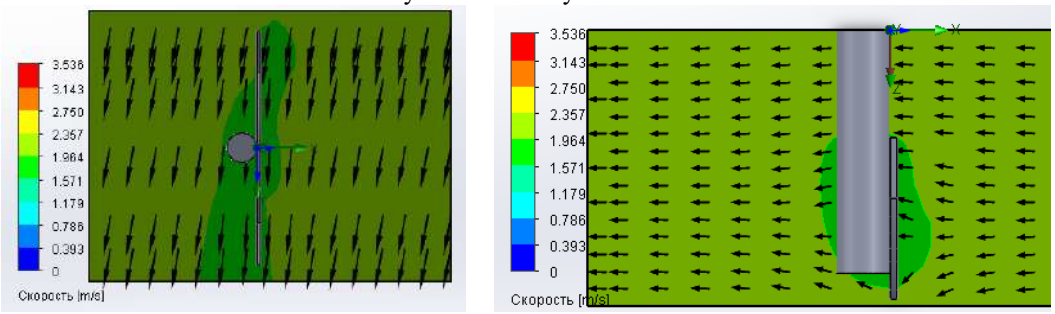
Рисунок 5 - Угол установки лопатки 45°



а) б)

а - горизонтальная плоскость; б - вертикальная плоскость;

Рисунок 6 - Угол установки лопатки 60°



а) б)

а - горизонтальная плоскость; б - вертикальная плоскость;

Рисунок 7 - Угол установки лопатки 80°

Из анализа рисунков 2-7 видно, что в обеих рассматриваемых плоскостях наибольшее количество областей с различной скоростью потока наблюдается при угле установки лопатки 0°. Уменьшение угла встречи потока с лопаткой ведет к снижению количества зон с различными скоростями и уменьшению их площади, достигая минимума при 80°. Это говорит о минимальном воздействии лопатки на поток смеси. Результаты моделирования показывают, что установка лопатки под углом более 60° не эффективно. Применение лопаток параллельных валу целесообразно только на тех участках, где не требуется организации осевого перемещения смеси. Для тех участков, где необходима организация осевого перемещения смеси различной интенсивности целесообразно применять углы установки лопаток больше 0° и не более 60°. На эффективность работы лопатки также оказывает форма контура поля скоростей, чем более она развита и имеет большую протяженность, тем интенсивнее процесс взаимопроникновения частиц из соседних слоев. Этому критерию отвечают углы установки лопаток от 45° до 0°.

Для количественной оценки зон с различной скоростью потока в программе «Компас 3D V16» был произведен расчет отношения площадей со скоростью отличной от исходной. Результаты расчетов приведены в таблице 1. Площадь зон определялась встроенными средствами программы

по полученным рисункам с приведением их к одному масштабу. При вычислении площади пределы измерений ограничивались радиусом лопатки, так как в реальном смесителе зона ее действия будет ограничена стенками бункера. Площадь зон потока с исходной скоростью потока во всех случаях имеет условный номер 1, далее определялись площади зон по порядку уменьшения скорости потока в них.

Таблица 1 – Количество и площади зон участков с различной скоростью

Угол лопатки), град.	Условный номер зоны	Площадь зон, мм^2		Отношение площади i-той зоны к площади зоны с исходной скоростью потока, %	
		В горизонтальной плоскости	В вертикальной плоскости	В горизонтальной плоскости	В вертикальной плоскости
0°	1	9113	12863	20,26	43,48
	2	18659	24	41,48	0,08
	3	12783	162	28,42	0,55
	4	956	11359	2,13	38,39
	5	2687	4283	5,97	14,48
	6	787	764	1,75	2,58
	7	-	132	-	0,45
	Итого	44985	29455	100,00	100,00
20°	1	12666	12760	23,26	42,19
	2	18994	21	34,87	0,07
	3	16715	140	30,69	0,46
	4	4986	12397	9,15	40,99
	5	1103	4472	2,03	14,79
	6	-	452	-	1,49
	Итого	54464	30242	100,00	100,00
40°	1	21366	16269	40,14	55,21
	2	23023	74	43,25	0,25
	3	8274	12453	15,54	42,26
	4	571	673	1,07	2,28
	Итого	53234	29469	100,00	100,00
45°	1	33238	23158	60,24	77,30
	2	20834	6799	37,76	22,70
	3	1103	-	2,00	0,00
	Итого	55175	29957	100,00	100,00
60°	1	33012	22432	61,29	78,12
	2	19752	6281	36,67	21,88
	3	1097	-	2,04	0,00
	Итого	53861	28713	100,00	100,00
80°	1	48232	28237	84,08	95,97
	2	9132	1187	15,92	4,03
	Итого	57364	29424	100,00	100,00

Из таблицы 1 видно, что рост угла установки лопатки ведет к увеличению площади зоны с неизменной скоростью потока относительно общей измеренной площади от 20,26% в горизонтальной и 43,48% в вертикальной плоскости при параллельном расположении лопатки и соответственно до 84,08% и 95,97% при угле установки лопатки 80°. Приведенные в таблице 1 данные в целом подтверждают сделанные ранее выводы: максимальное воздействие лопатки на смесь наблюдается при углах лопаток от 0° до 60°.

Выводы. Результаты моделирования обтекания плоской лопатки с заданными размерами в «Flow Simulation» «SOLIDWORKS 2018» в целом не противоречат результатам существующих исследований [2, 10, 16]. Применение предлагаемой методики на начальном этапе обоснования конструктивно-режимных параметров смесительного оборудования позволит сузить интервалы значений параметров оптимизации, тем самым уменьшив количество натурных экспериментов,

существенно сократив время разработки нового смесительного оборудования. Более точных результатов моделирования возможно достичь при применении специализированных программ, имитирующих поведение сыпучих материалов, но и они не позволят полностью отказаться от проведения натурных экспериментов, являющихся источником наиболее достоверной информации. Перспективным направлением применения численного моделирования является разработка «умных цифровых двойников» смесительного оборудования, предусматривающих возможность двухстороннего обмена информацией между моделью и реальным объектом. Но разработка таких «двойников» возможна также только с применением специализированных платформ. Предложенная методика и используемое программное обеспечение для ее реализации более доступны. Дальнейшие исследования будут направлены на оценку результатов моделирования на основании натурных экспериментов с последующей корректировкой. Дополнительно планируется проведение моделирования с использованием моделирования в «Flow Simulation» «SOLIDWORKS 2018» для установления граничных значений других конструктивных и технологических параметров исследуемого смесителя.

Список источников

1. Ревякин Е. Л., Пахомов В.И. Опыт освоения современных технологий и оборудования для внутрихозяйственных комбикормовых предприятий. - ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 80 с.

2. Хольшев, Н. В. Совершенствование технологического процесса приготовления сухих рассыпных кормосмесей шнеколопастным смесителем: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Мичуринск, 2015. 22 с.

3. Ведищев С. М. Совершенствование технологий и технических средств приготовления и раздачи кормосмесей в сельскохозяйственных свиноводческих организациях: дис. ... д-р. техн. наук: 05.20.01. Тамбов, 2018. 381 с.

4. Механизация и технология производства продукции животноводства / В.Г. Коба, Н.В. Брагинец, Д.Н. Мурсусидзе, В.Ф. Некрашевич. – М.: Колос - 1999. – 528 с.

5. Коновалов, В.В. Повышение эффективности средств механизации приготовления и выдачи кормосмесей в свиноводстве: автореф. дис. … д-р. техн. наук: 05. 20. 01. – Пенза, 2005. 40 с.

6. Мартынов В.К. Совершенствование технологического процесса приготовления полнорационных кормосмесей в планетарном смесителе периодического действия за счет интенсификации взаимопроникновения смешиваемых ингредиентов: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05. 20. 01. – Саратов, 2005. 23 с.

7. Чупшев А.В. Повышение качества смешивания сухих микродобавок с обоснованием конструктивных и технологических параметров смесителя: дис. … канд. техн. наук: 05. 20. 01. - Пенза, 2009. 153 с.

8. Патент 2756742 C1 РФ, МПК A23N 17/00, B01F 7/00. Смеситель кормов // С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, А. В. Прохоров [и др.]; № 2020122691: заявл. 09.07.2020: опубл. 05.10.2021. Бюл. № 28.

9. Ведищев С. М. Обоснование перспективного шнеколопастного смесителя / С. М. Ведищев, Н. В. Хольшев, А.В. Прохоров // Труды ТГТУ: сборник научных статей молодых ученых и студентов. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т, 2008. – 320 с. – Вып. 21., С.12 - 16.

10. Дёмин О. В. Совершенствование методов расчета и конструкций лопастных смесителей: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13. Тамбов, 2003. 240 с.

11. Altair EDEM [Электронный ресурс] URL: https://hyperworks.compmechlab.ru/article/altair-edem (дата обращения 25.09.2023 г.)

12. Rocky DEM [Электронный ресурс] URL: https://www.rocky-dem.ru/software/ (дата обращения 25.09.2023 г.)

13. Кикин Н. О., Ханина Е. Г., Ефросимов К. Е. Применение программной среды EDEM для анализа качества смешения в лопастном смесителе// Механизация и автоматизация строительства: сборник статей. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2020. – С. 70-75.

14. Иммитационная математическая модель процесса смешивания сыпучих компонентов в смесителе / А. Н. Остриков, Л. Н. Фролова, А. И. Александров, В. В. Посметьев // Вестник

Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. – Т. 81, № 2(80). – С. 13-21. – DOI 10.20914/2310-1202-2019-2-13-21.

15. Моделирование процесса обтекания лопатки кормом в модуле Flow Simulation Solidworks / А. Ю. Конев, А. Ю. Глазков, Н. В. Хольшев [и др.] // Современная наука: теория, методология, практика: Материалы V-й всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Тамбов: Издательство ИП Чеснокова А.В., 2023. – С. 184-187.

16. Кулаковский И.В. Машины и оборудование для приготовления кормов. Ч.2. // И.В. Кулаковский, Ф.С. Кирпичников, Е.И. Резник. - М.: Россельхозиздат - 1987. - 285 с.

References

1. Revyakin E.L., Pakhomov V.I. Experience in mastering modern technologies and equipment for on-farm feed mills. - Federal State Scientific Institution “Rosinformagrotekh”, 2009. – 80 p. (In Russ.)

2. Kholshev, N.V. Improving the technological process of preparing dry loose feed mixtures with an auger-blade mixer: abstract of thesis. dis. ...cand. tech. Sciences: 05.20.01. Michurinsk, 2015. 22 p. (In Russ.)

3. Vedishchev S. M. Improvement of technologies and technical means for preparing and distributing feed mixtures in agricultural pig-breeding organizations: dis. ... dr. tech. Sciences: 05.20.01. Tambov, 2018. 381 p. (In Russ.)

4. Mechanization and technology of livestock production / V.G. Koba, N.V. Braginets, D.N. Mursusidze, V.F. Nekrashevich. – M.: Kolos - 1999. – 528 p. (In Russ.)

5. Konovalov, V.V. Increasing the efficiency of mechanization of preparation and distribution of feed mixtures in pig farming: abstract of thesis. dis. ... dr. tech. Sciences: 05. 20. 01. – Penza, 2005. 40 p. (In Russ.)

6. Martynov V.K. Improving the technological process of preparing complete feed mixtures in a planetary batch mixer by intensifying the interpenetration of mixed ingredients: abstract of thesis. dis. ...cand. tech. Sciences: 05. 20. 01. – Saratov, 2005. 23 p. (In Russ.)

7. Chupshev A.V. Improving the quality of mixing dry microadditives with justification of the design and technological parameters of the mixer: thesis. ...cand. tech. Sciences: 05. 20. 01. - Penza, 2009. 153 p. (In Russ.)

8. Patent 2756742 C1 RF, IPC A23N 17/00, B01F 7/00. Feed mixer // S. M. Vedishchev, A. I. Zavrazhnov, A. V. Prokhorov [etc.]; No. 2020122691: application. 07/09/2020: publ. 05.10.2021. Bull. No. 28. (In Russ.)

9. Vedishchev S. M. Justification of a promising auger-blade mixer / S. M. Vedishchev, N. V. Kholshev, A. V. Prokhorov // Proceedings of TSTU: collection of scientific articles by young scientists and students. – Tambov: Tamb. state tech. univ., 2008. – 320 p. – Vol. 21., pp. 12 - 16. (In Russ.)

10. Demin O. V. Improvement of calculation methods and designs of paddle mixers: dis. ...cand. tech. Sciences: 02/05/13. Tambov, 2003. 240 p. (In Russ.)

11. Altair EDEM [Electronic resource] URL: https://hyperworks.compmechlab.ru/article/altair-edem (accessed September 25, 2023) (In Russ.)

12. Rocky DEM [Electronic resource] URL: https://www.rocky-dem.ru/software / (date accessed 09/25/2023) (In Russ.)

13. Kikin N. O., Khanina E. G., Efrosimov K. E. Application of the EDEM software environment for analyzing the quality of mixing in a paddle mixer // Mechanization and automation of construction: collection of articles. – Samara: Samara State Technical University, 2020. – pp. 70-75. (In Russ.)

14. Simulation mathematical model of the process of mixing bulk components in a mixer / A. N. Ostrikov, L. N. Frolova, A. I. Aleksandrov, V. V. Posmetyev // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2019. – T. 81, No. 2(80). – P. 13-21. – DOI 10.20914/2310-1202-2019-2-13-21. (In Russ.)

15. Modeling the process of feed flow around a blade in the Flow Simulation Solidworks module / A. Yu. Konev, A. Yu. Glazkov, N. V. Kholshev [etc.] // Modern science: theory, methodology, practice: Materials of the V All-Russian (national) scientific and practical conference. – Tambov: Publishing House IP Chesnokova A.V., 2023. – P. 184-187. (In Russ.)

16. Kulakovsky I.V. Machines and equipment for preparing feed. Part 2. // I.V. Kulakovsky, F.S. Kirpichnikov, E.I. Reznik. - M.: Rosselkhozizdat - 1987. - 285 p. (In Russ.).

Информация об авторах

Конев А. Ю. - аспирант; Глазков А. Ю. - аспирант; Хольшев Н. В. – кандидат технических наук, доцент; Прохоров А. В. – кандидат технических наук, доцент; Ведищев С. М. - доктор технических наук, профессор.

Information about the authors

Konev A. - graduate student; Glazkov A. - graduate student; Kholshev N. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Prokhorov A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Vedishchev S. - Doctor of Technical Sciences, Professor.

Вклад авторов все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Contribution of the authors: *all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication*.
The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 25.10.2023 Принята к публикации (Accepted): 12.12.2023