

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы: пәнаралық = Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина: междисциплинарный. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2025. -№ 1 (124). - Р. 38-48. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

doi.org/ 10.51452/kazatu.2025.1(124).1815

УДК 631.363

Исследовательская статья

### Определение однородности кормов, приготовленных в устройстве, снабжённом шнеково-ножевым и пальцевым узлами

Искаков Р.М.<sup>1</sup> , Абилжанулы Т.<sup>2</sup> , Гуляренко А.А.<sup>1</sup> , Мустафин Ж.Ж.<sup>1</sup> ,  
Аскарар Н.К.<sup>1</sup> , Байдаулетова М.Ж.<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Научно-производственный центр агроинженерии, Алматы, Казахстан

**Автор-корреспондент:** Искаков Р.М.: rus.iskakov79@mail.ru

**Соавторы:** (1: ТА) abilzhanuly.kazniimesh@mail.ru; (2: АГ) gulyarenko@mail.ru; (3: ЖМ) mustafin\_j80@mail.ru; (4: НА) nur.kural2503@mail.ru; (5: МБ) mr.ernarimadina@mail.ru

**Получено:** 05-01-2025 **Принято:** 14-02-2025 **Опубликовано:** 31-03-2025

#### Аннотация

Предпосылки и цель. В связи с ростом потребности в кормах возникает необходимость разработки устройств, обеспечивающих получение кормов высокой однородности. При этом малоизученным процессом является смешивание различных компонентов животного происхождения, в том числе различных костных отходов между собой и с другим сырьём. Исходя из этого, предложена конструктивно-технологическая схема устройства, снабжённого шнеково-ножевым и пальцевым узлами, направленными на смешивание кормовых компонентов до высокой однородности. Цель исследования - обеспечение устойчивого выполнения процесса смешивания кормовых компонентов посредством разработанного устройства, снабжённого шнеково-ножевым и пальцевыми узлами.

Материалы и методы. Объектом исследования явилось определение однородности смешивания кормов. В устройство, снабжённое шнеково-ножевым и пальцевым узлами, загружали яичную скорлупу, отходы желтка куриных яиц. Контрольным компонентом служил горох. Отбор смешанных проб производили на 2-ой, 4-ой, 6-ой и 8-ой минутах после начала процесса смешивания.

Результаты. В результате экспериментальных исследований проб кормов, приготовленных посредством разработанного устройства, снабжённого шнеково-ножевым и пальцевым узлами получены результаты по однородности смешивания яичной скорлупы с отходами желтка и контрольным компонентом горохом 89,23% (через 2 мин); 89,445% (через 4 мин); 89,5% (через 6 мин); 90,8% (через 8 мин).

Заключение. Разработанная конструктивно-технологическая схема устройства, снабжённого шнеково-ножевым и пальцевым узлами, обеспечила устойчивое выполнение процесса смешивания различных кормовых компонентов и экспериментально доказала эффективность высоким уровнем однородности смешивания кормов.

**Ключевые слова:** кормоприготовление; однородность смешивания; шнек с ножами; пальцевый вал.

#### Введение

Кормление животных, птиц и зверей кормовой мукой животного происхождения подразумевает под собой обогащение кормосмеси витаминами и минеральными добавками. При этом мировой спрос на корма для скота увеличится почти вдвое к 2050 году в связи с ростом населения и увеличением спроса на продукты животноводства [1].

При приготовлении кормов важным процессом является смешивание [2, 3, 4]. Технологический процесс смешивания имеет важное значение при приготовлении кормов, без которого нельзя будет получить необходимого качества высокопитательные корма и кормовые смеси. Например, технология приготовления костной кормовой муки зачастую включает измельчение сырья, виброэкстракцию, разделение, центрифугирование, сепарацию, сушку, дробление-просеивание [5]. При этом малоизученным процессом является смешивание различных компонентов животного происхождения, в том числе различных костных отходов между собой и с другим сырьём, что также имеет важное значение для качества кормов.

В общем корма животного происхождения характеризуются повышенной питательной и кормовой ценностью, являются ценным источником белков и минералов в кормовых рационах сельскохозяйственных животных [6-9]. Ингредиенты животного происхождения можно использовать в качестве единственного источника пищевого белка или в дополнительных комбинациях с растительными источниками белков [10] для кормления сельскохозяйственных животных. Например, в Республике Казахстан 91% поголовья крупного рогатого скота и 96% поголовья овец содержатся в хозяйствах населения и в малых крестьянских хозяйствах, имеющих 50-100 голов крупного рогатого скота и 500 голов овец. Многие не обеспечивают себя необходимой продукцией животноводства, поэтому возникает необходимость создания малых молочных и откормочных ферм и обеспечения их качественными кормами с применением эффективного технологического оборудования.

Кроме того, в Республике Казахстан существующие малые фермерские хозяйства, содержащие 50-100 голов крупного рогатого скота составляют около 70% из общей численности хозяйств. Поэтому разработка необходимых технических средств для таких ферм является решением актуальной задачи сельского хозяйства. В связи с чем целью исследования является обеспечение устойчивого выполнения процесса смешивания кормовых компонентов посредством разработанного устройства, снабжённого шнеково-ножевым и пальцевыми узлами.

### **Материалы и методы**

При приготовлении кормов требуется обязательное смешивание различного кормового сырья для повышения их однородности, что в целом сказывается на качестве приготавливаемых кормов. Поэтому объектом исследования является определение однородности приготавливаемых кормов. При этом предложена гипотеза, заключающаяся в применении пальцевого узла, обеспечивающего устранение чрезмерно высокого подъёма кормовой массы и ускорение процесса смешивания, а также обеспечивающего снижение энергоёмкости процесса. Экспериментальные исследования проводили в сконструированном устройстве, снабжённом шнеково-ножевым и пальцевым узлами. Измельчение и смешивание проводилось посредством шнека, на витках которого расположены ножи. В верхней части конструкции предусмотрен пальцевый узел. Автоматизация устройства, снабжённого шнеково-ножевым и пальцевым узлами осуществляется через внешние кнопочные посты, установленные в шкафу управления. При проведении экспериментальных исследований применялся метод проведения однофакторных экспериментальных исследований. Шнек был изготовлен из бесшовной трубы диаметром 102 мм, перьев диаметром 300 мм, ножей, цапф. Крепление шнека к корпусу осуществлялось с помощью цапф и двух фланцев диаметром 95\*140 в стенки корпуса с помощью болтов, шайб и гаек. Для вращения шнека использовались два герметичных подшипника 62132RS (габариты 65\*120\*23 мм), цепной привод и цилиндрический мотор-редуктор. Для цепной передачи выбраны ведущая и ведомая звёздочки: звёздочка с шагом 19 на цапфе шнека, число зубьев  $Z=44$ , внутренний диаметр  $d=55$  мм, шаг 19; звёздочка с шагом 19 на валу мотор-редуктора, число зубьев  $Z=18$ , внутренний диаметр  $d=30$  мм, шаг 19. Скорость вращения шнека изменялась в диапазоне 5–50 об/мин с помощью частотного преобразователя Leg. В верхней части конструкции закреплён пальцевый узел с помощью двух фланцев 160\*28, болтов, шайб, вращающийся с помощью двух закрытых подшипников ГОСТ 107 (габариты 35x62x14 мм) и червячного мотор-редуктора мощностью, 50 об/мин. В устройство, снабжённое шнеково-ножевым и пальцевым узлами, загружали яичную скорлупу, отходы желтка куриных яиц. Контрольным компонентом служил горох. Пробу кормосмеси из смесителя для определения однородности смешивания по рекомендациям следует брать через равные промежутки времени.

При этом оптимальное время смешивания для определенного смесителя и вида материала по рекомендациям следует определять экспериментально. Так, для большинства смесителей кормов периодического действия это время составляет 8 минут [11]. Поэтому для проведения исследований отбор смешанных проб производили на 2-ой, 4-ой, 6-ой и 8-ой минутах после начала процесса смешивания в устройстве, снабжённым шнеково-ножевым и пальцевым узлами. Определение однородности смешивания производили по стандартным формулам. Для устранения возможных погрешностей на каждом отведённом участке времени, т.е. на 2-ой, 4-ой, 6-ой и 8-ой минутах после начала процесса смешивания отбирали по 10 проб, что исключало получение случайных или ошибочных проб. Для измерения веса использовались электронные весы AS 220/R2. Замеры силы тока по фазам определяли путём подключения прибора FLUKE 345 к мотор-редукторам устройства, снабжённого шнеково-ножевым и пальцевым узлами.

Потребную мощность  $N$  определяли по формуле (1):

$$N = IU \cos \phi 3, \quad (1)$$

где:  $I$  - сила тока, А;  $U$  - фазное напряжение, 234 В; 3 - число фаз,

Определение однородности смешивания производили по формулам (2-4) на основании экспериментальных данных, полученных на разработанном устройстве, снабжённом шнеково-ножевым и пальцевым узлами. Обработку результатов производили статистическим методом. Среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  определяли по формуле (2).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(m_{\text{ксп}} - m_k)^2}{n - 1}}, \quad (2)$$

где:  $m_{\text{ксп}}$  - масса средней пробы с контрольным компонентом, г;

$m_k$  - масса контрольного компонента, г;

$n$  - количество отобранных проб.

Массу средней пробы с контрольным компонентом  $m_{\text{ксп}}$  определяли по формуле (3)

$$m_{\text{ксп}} = m_{\text{сп}} \times m_k / m_{\text{ч}}, \quad (3)$$

где:  $m_{\text{ч}}$  - чистая масса, г.

Коэффициент вариации  $v$  определяли по формуле (4)

$$v = \frac{\sigma \cdot 100}{m_{\text{сп}}}, \quad (4)$$

$m_{\text{сп}}$  - масса средней пробы, г.

И таким образом, однородность определяли по формуле (5)

$$O = 100 - v, \quad (5)$$

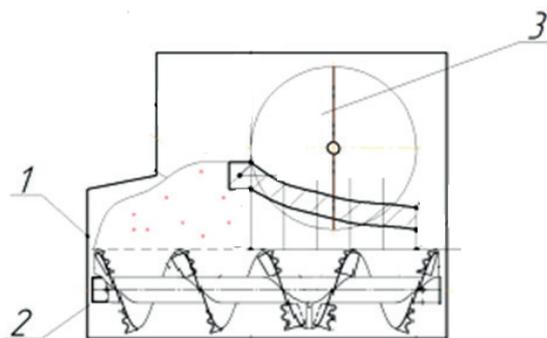
где:  $O$  - однородность смешивания, %.

### Результаты и обсуждение

В существующих раздатчиках-смесителях кормов процесс смешивания осуществляется горизонтальными шнеками, имеющими левые и правые витки. При этом корм собирается в центр и поднимается до обрушения. Такой способ процесса смешивания у всех существующих раздатчиков-смесителей кормов [12]. Однако, при таком методе смешивания энергоёмкость процесса очень высокая. Для снижения энергоёмкости процесса смешивания, в верхней части бункера над горизонтальным шнеком можно установить один шнек, имеющий правые и левые

витки в верхней части бункера. Но при работе шнека перемещение массы к торцевым стенкам бункера осуществляется вдоль одной стенки бункера, а вдоль другой боковой стенки бункера появляется «мёртвая зона», которая значительно снижает однородность смеси. Для устранения данного недостатка в верхней части бункера можно установить два шнека, однако это усложняет конструкцию машины и увеличивает ее стоимость, т.е. это снижает спрос к машине со стороны фермерских хозяйств.

В связи с этим, для снижения энергоёмкости процесса смешивания нами предусмотрена в верхней части горизонтального шнека установка пальцевого вала. Пальцевый вал, вращаясь в противоположных направлениях, перемещает поднимаемую кормовую массу к торцевым стенкам бункера. При этом изготовление пальцевого вала намного проще, чем изготовление шнекового транспортёра. Из конструктивно-технологической схемы известно, что при работе пальцевого вала обеспечивается устранение чрезмерно высокого подъёма кормовой массы и ускорение процесса смешивания. Кроме того, осуществляется равномерное перемещение кормовой массы по всей ширине бункера. Все это обеспечивает существенное снижение энергоёмкости процесса. Для обоснования снижения энергоёмкости процесса смешивания нами проведены эксперименты по измерению силы тока по фазам, т.е. при работе шнека без пальцевого узла ( $I=6,14$  А) и при работе шнеково-ножевого узла с пальцевым узлом ( $I=5,56$  А). Исходя из определенных сил тока, рассчитаны потребные мощности шнека без пальцевого узла ( $N=3,49$  кВт) и при работе шнеково-ножевого узла с пальцевым узлом ( $N=3,16$  кВт). При этом включение пальцевого узла обеспечило снижение мощности на  $0,33$  кВт. Это доказывает эффективность и энергоёмкость работы устройства, снабжённого шнеково-ножевым и пальцевым узлами, обеспечивающего снижение мощности на смешивание кормовой массы на  $9,45\%$ . Таким образом, разработанная конструктивно-технологическая схема, включающая бункер 1, шнеково-ножевой узел 2, а также пальцевый узел 3, имеет универсальность и обеспечивает снижение энергоёмкости процесса смешивания (рисунок 1). Фотография общего вида устройства представлена в соответствии с рисунком 2. Технические параметры устройства приведены в таблице 1.



1 - бункер; 2 - шнеково-ножевой узел; 3 - пальцевый узел

Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема устройства, снабженного шнеково-ножевым и пальцевым узлами



Рисунок 2 – Фотография общего вида устройства

В процессе исследований нами проведены экспериментальные работы в разработанном устройстве, снабжённом шнеково-ножевым и пальцевым узлами для смешивания компонентов корма (рисунок 3).



а - вид справа

б - вид слева

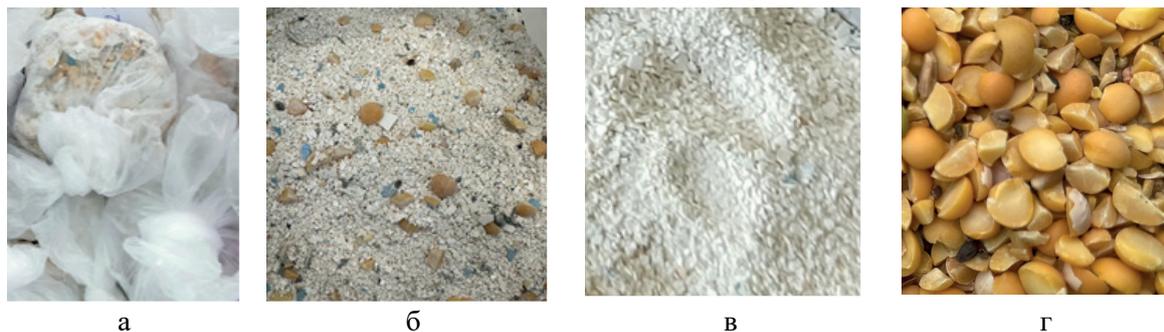
Рисунок 3 – Рабочая зона устройства, снабженного шнеково-ножевым и пальцевым узлами

Таблица 1 – Технические параметры устройства

Показатель	Значения величины показателя
Частота вращения шнеково-ножевого узла, об/мин	10-50
Диаметр шнека, мм	300
Диаметр вала шнека, мм	100
Частота вращения пальцевого узла, об/мин	50
Диаметр ротора с пальцами, мм	600
Объем загружаемой массы, м <sup>3</sup>	0,2
Количество ножей, шт	11-20
Длина устройства, мм	1300
Ширина устройства, мм	500
Высота устройства, мм	1050

Здесь, в разработанном устройстве кормовая масса перемещается шнеком в одну сторону, и слой, перемещаемый пальцевым валом, направляется против перемещаемой массы шнековым рабочим органом. Отсюда ясно, что происходит присоединение двух кормовых масс, т.е. процесс смешивания осуществляется совершенно новым способом.

В результате проведения экспериментальных исследований с помощью вращающегося шнека и пальцевого вала получили смешанные частицы корма из яичной скорлупы с отходами желтка. На рисунке 4 представлены фотографии проб кормосмеси для лабораторных исследований по однородности смешивания кормовых компонентов.



а - отобранные пробы; б - распределение контрольного компонента гороха в частицах скорлупы и отходах желтка; в - отделенные частицы скорлупы вместе с отходами желтка; г - отделенные частицы контрольного компонента

Рисунок 4 – Фотографии проб кормосмеси для лабораторных исследований по однородности смешивания кормовых компонентов

В таблицах 2-5 представлены результаты лабораторных исследований по однородности смешивания кормовых компонентов.  $\delta = \sqrt{\frac{\sum(m_{ксп} - m_k)^2}{n-1}}$ ,  $v = \frac{\delta \cdot 100}{m_{сп}}$ ,  $O = 100 - v$ ,

Таблица 2 – Определение однородности (скорлупа с отходами желтка-горох)  $t_1 = 2$  мин

№	$m_{пр}$ , масса пробы с контрольным компонентом, г	$m_ч$ , чистая масса, г	$m_к$ , масса контрольного компонента, г	$m_{к\text{ ср}}$ пробы	$(m_{к\text{ ср}} - m_к)$	$(m_{к\text{ ср}} - m_к)^2$
1	154,7	140,6	14,1	15,271	1,171	1,371
2	166,4	154,1	12,3	12,155	0	0
3	200	187,2	12,8	10,412	0	0
4	154	143,2	10,8	11,484	0,684	0,468
5	162,7	147,2	15,5	16,035	0,535	0,286
6	151	140,7	10,3	11,148	0,848	0,719
7	179,5	165,4	14,1	12,982	0	0
8	145,3	131,9	13,4	15,470	2,07	4,285
9	209	196,5	12,5	9,687	0	0
10	126,1	116	10,1	13,259	3,159	9,979
		ср=152,3	ср=12,59	ср=12,79		Сум.=17,1

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(m_{ксп} - m_k)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{17,108}{10-1}} = 1,378; \quad v = \frac{\sigma \cdot 100}{m_{ксп}} = \frac{1,378 \cdot 100}{12,79} = 10,77$$

$$O = 100\% - 10,77 = 89,23\%$$

Таблица 3 – Определение однородности (скорлупа с отходами желтка-горох)  $t_2 = 4$  мин

№	$m_{пр}$ , масса пробы с контрольным компонентом, г	$m_ч$ , чистая масса, г	$m_к$ , масса контрольного компонента, г	$m_{к\ cр}$ пробы	$(m_{к\ cр} - m_к)$	$(m_{к\ cр} - m_к)^2$
1	157	143,6	13,4	15,636	2,236	4,999
2	164	151,8	12,2	13,467	1,267	1,605
3	190	180	10	9,309	0	0
4	195,4	181,9	13,5	12,436	0	0
5	153,5	141,3	12,2	14,467	2,267	5,139
6	200	185	15	13,586	0	0
7	195	181,3	13,7	12,662	0	0
8	153	140,88	12,12	14,415	2,295	5,267
9	190,8	175,2	15,6	14,919	0	0
10	205,5	194,64	10,86	9,349	0	0
		$cр=167.562$	$cр=12.858$	$cр=13.025$		Сум.=17.01

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(m_{к\ cр} - m_к)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{17,01}{10 - 1}} = 1,375$$

$$v = \frac{\sigma \cdot 100}{m_{к\ cр}} = \frac{1,375 \cdot 100}{13,025} = 10,555$$

$$O = 100\% - 10,555 = 89,445\%$$

Таблица 4 – Определение однородности (скорлупа с отходами желтка-горох)  $t_3 = 6$  мин

№	$m_{пр}$ , масса пробы с контрольным компонентом, г	$m_ч$ , чистая масса, г	$m_к$ , масса контрольного компонента, г	$m_{к\ cр}$ пробы	$(m_{к\ cр} - m_к)$	$(m_{к\ cр} - m_к)^2$
1	176	163,4	12,6	12,65	0,05	0,0025
2	150,6	138,3	12,3	14,59	2,29	5,2441
3	139,7	129,2	10,5	13,333	2,833	8,026
4	194	180,2	13,8	12,564	0	0
5	183,2	170,9	12,3	11,808	0	0
6	198	186,7	11,3	9,93	0	0
7	184	171,3	12,7	12,163	0	0
8	184,7	173,1	11,6	10,994	0	0
9	161,2	150,7	10,5	11,430	0,93	0,8649
10	188	176,8	11,2	10,393	0	0
		$cр=164,06$	$cр=11,88$	$cр=11,985$		Сум. =14,137

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(m_{к\ cр} - m_к)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{14,137}{10 - 1}} = 1,253 \quad v = \frac{\sigma \cdot 100}{m_{к\ cр}} = \frac{1,253 \cdot 100}{11,985} = 10,457$$

$$O = 100\% - 10,457 = 89,5\%$$

Таблица 5 – Определение однородности (скорлупа с отходами желтка-горох)  $t_4 = 8$  мин

№	$m_{пр}$ , масса пробы с контрольным компонентом, г	$m_{ч}$ , чистая масса, г	$m_{к}$ , масса контрольного компонента, г	$m_{к\ cр}$ пробы	$(m_{к\ cр} - m_{к})$	$(m_{к\ cр} - m_{к})^2$
1	139	125,6	13,4	16,801	3,401	11,567
2	156	147,2	8,8	9,414	0,614	0,377
3	160,6	148,6	12	12,717	0,717	0,514
4	191,5	173,8	17,7	16,037	0	0
5	175	161	14	13,693	0	0
6	158	149,2	8,8	9,288	0,488	0,238
7	169	159,3	9,7	9,589	0	0
8	196,5	179,2	17,3	15,203	0	0
9	180	166	14	13,281	0	0
10	178,5	164,9	13,6	12,988	0	0
		$cр=157,48$	$cр=12,93$	$cр=12,901$		Сум.=12,696

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(m_{к\ cр} - m_{к})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{12,696}{10-1}} = 1,187$$

$$v = \frac{\sigma \cdot 100}{m_{к\ cр}} = \frac{1,187 \cdot 100}{12,901} = 9,2$$

$$O = 100\% - 9,2 = 90,8\%$$

В результате экспериментальных исследований проб кормов, приготовленных посредством разработанного устройства, снабженного шнеково-ножевым и пальцевым узлами получили результаты по однородности смешивания яичной скорлупы с отходами желтка и контрольным компонентом горохом: 89,23% (через 2 мин); 89,445% (через 4 мин); 89,5% (через 6 мин); 90,8% (через 8 мин). Полученные значения однородности корма показали достаточно высокую однородность, соответствующую требованиям. Например, в странах с развитым животноводством комбинированный корм, т.е. специально приготовленную однородную смесь продуктов растительного и животного происхождения с однородностью 95% считают отличным, 90% - хорошим, 80% и менее - не приемлемым [13]. Таким образом, разработанное устройство может применяться для смешивания различных кормовых компонентов, а предложенные шнеково-ножевой и пальцевый узлы могут использоваться в существующих раздатчиках-смесителях кормов, смесителях, а также в различных кормоприготовительных устройствах.

### Заключение

Для смешивания кормов применено разработанное устройство, снабжённое шнеково-ножевым и пальцевым узлами. Его конструктивно-технологическая схема состоит из бункера, шнеково-ножевого и пальцевого узлов. Для снижения энергоёмкости процесса смешивания в верхней части горизонтального шнека установлен пальцевый вал. Разработанная конструктивно-технологическая схема устройства, снабжённого шнеково-ножевым и пальцевым узлами, обеспечила устойчивое выполнение процесса смешивания различных кормовых компонентов и на экспериментах доказала свою эффективность. Результаты исследования проб костной кормовой муки при смешивании с контрольным компонентом показали высокую однородность смешивания. Для анализа процесса смешивания определены статистические характеристики, т.е. среднеквадратические отклонения:  $\sigma=1,378$  (через 2 мин),  $\sigma=1,375$  (через 4 мин),  $\sigma=1,253$  (через 6 мин),  $\sigma=1,187$  (через 8 мин); коэффициенты вариации  $v=10,77$  (через 2 мин),  $v=10,555$  (через 4 мин),  $v=10,457$  (через 6 мин),  $v=9,2\%$  (через 8 мин) и соответственно определена однородность

смешивания с наилучшим показателем 90,8% через 8 минут работы разработанного устройства. Разработанное устройство входит в состав линии для производства кормов, оригинальность которой подтверждается патентом Республики Казахстан на изобретение № 36774.

#### **Вклад авторов**

РИ, ТА, АГ: Концептуализировали и оформили исследование, провели всесторонний поиск литературы, проанализировали собранные данные и подготовили рукопись. РИ, ЖМ, НА, МБ: провели окончательную редакцию и вычитку рукописи. Все авторы прочитали, просмотрели и одобрили окончательную редакцию рукописи.

#### **Информация о финансировании**

Работа является результатом, полученным в ходе реализации проекта AP09259673 «Разработка интенсивного устройства для сушки, измельчения, перемешивания частиц кормовой муки из отходов животного происхождения», финансируемого в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

#### **Список литературы**

1 Rajendran, D., Ezhuthupurakkal, PB, Lakshman, R., Manimaran, A., Rao, SB. (2022). Application of Encapsulated Nano Materials as Feed Additive in Livestock and Poultry: a review. *Veterinary Research Communications*, 46(2), 315-328.

2 Iskakov, R., Sugirbay, A. (2023). Technologies for the Rational Use of Animal Waste: A Review. *Sustainability*, 15(3). DOI: 10.3390/su15032278.

3 Abilzhanuly, T., Iskakov R., Issenov, S., Kubentaeva, G., Mamyrbayeva, I., Abilzhanov, D., Khaimuldinova, A., Khamitov, N. (2023). Development of a Layer Leveling Technology that Reduces the Energy Intensity of the Processes of Mixing and Drying the Fodder Mass. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4:7(124), 106-115. DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286325.

4 Искаков, РМ, Аби́лжанулы, Т., Гуляренко, АА, Хан, ВА, Ремшев, ЕЮ. (2024). Исследование высушивания кормов в комбинированном измельчающе-сушильном и перемешивающем устройстве. *Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета им. С.Сейфуллина: Междисциплинарный*, 3(122), 55-63. DOI: 10.51452/kazatu.2024.3(122).1747.

5 Тихонов, ЕА, Карпин ВЮ. (2005). Обзор современных технологических линий по приготовлению мясокостной муки. *Электронный журнал «Исследовано в России»*, 497-507.

6 Hendriks, WH, Butts, CA, Thomas, DV, James, KAC, Morel, PCA, Verstegen, MWA. (2002). Nutritional Quality and Variation of Meat and Bone Meal. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15, 1507-1516. DOI: 10.5713/ajas.2002.1507.

7 Iskakov, R., Iskakova, AM, Nurushev, MZh, Khaimuldinova, A., Karbayev, NK. (2021). Method for the Production of Fat from Raw Materials and Animal Waste. *Journal of pure and applied microbiology*, 15(2), 716-724.

8 Искаков, РМ, Гуляренко, АА, Әбілжанұлы, Т., Ремшев, ЕЮ, Хан, ВА. (2024). Системный анализ конструкции дисковых ножей шредера. *Научный журнал "Қазақстан ғылым мен техникасы"*, 2, 86-105. DOI: 10.48081/CPTR3341.

9 Abilzhanuly, T., Iskakov R., Abilzhanov, D., Gulyarenko, A., Khan, V. (2024). Identifying the influence of the pitch of hammers with cutting edges on the average length of feed crushed in hammer grinders. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4:1(130), 69–78. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310045.

10 Jia, S., Li, X., He, W., Wu, G. (2022). Protein-Sourced Feedstuffs for Aquatic Animals in Nutrition Research and Aquaculture. *Advances in experimental medicine and biology*, 1354, 237-261. DOI: 10.1007/978-3-030-85686-1\_12.

11 Доценко, СМ, Бурмага, АВ, Школьников, ПН, Винокуров, СА. (2017). *Научно-практические основы технологии приготовления формованных кормовых продуктов с использованием тыквенно-зерновых композиций*. Благовещенск: Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та. 350.

12 Усманов, АС. (2010). *Машины для агропромышленного комплекса: справочник*. Алматы: Инжу Маржан, 500.

13 Крюков, ВС, Пикалова, ИН. (2010). К проблеме однородности распределения микродобавок при производстве комбикормов и премиксов. *Научно-теоретический журнал Проблемы биологии продуктивных животных*, 2, 97-111.

## References

1 Rajendran, D., Ezhuthupurakkal, PB, Lakshman, R., Manimaran, A., Rao, SB. (2022). Application of Encapsulated Nano Materials as Feed Additive in Livestock and Poultry: a review. *Veterinary Research Communications*, 46(2), 315-328.

2 Iskakov, R., Sugirbay, A. (2023). Technologies for the Rational Use of Animal Waste: A Review. *Sustainability*, 15(3). DOI: 10.3390/su15032278.

3 Abilzhanuly, T., Iskakov R., Issenov, S., Kubentaeva, G., Mamyrbayeva, I., Abilzhanov, D., Khaimuldinova, A., Khamitov, N. (2023). Development of a Layer Leveling Technology that Reduces the Energy Intensity of the Processes of Mixing and Drying the Fodder Mass. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4:7(124), 106-115. DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286325.

4 Iskakov, RM, Abilzhanuly, T., Gulyarenko, AA, Khan, VA, Remshev, YeY. (2024). Issledovaniye vysushivaniya kormov v kombinirovannom izmel'chayushche-sushil'nom i peremeshivayushchem ustroystve. *Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo issledovatel'skogo universiteta im. S.Seifullina: Mezhdistsiplinarnyi*, 3(122), 55-63. DOI: 10.51452/kazatu.2024.3(122).1747.

5 Tikhonov, EA, Karpin, VY. (2005). Obzor sovremennykh tekhnologicheskikh liniy po prigo-tovleniyu myasokostnoy muki. *Elektronnyy zhurnal Issledovano v Rossii*, 497-507.

6 Hendriks, WH, Butts, CA, Thomas, DV, James, KAC, Morel, PCA, Verstegen, MWA. (2002). Nutritional Quality and Variation of Meat and Bone Meal. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15, 1507-1516. DOI: 10.5713/ajas.2002.1507.

7 Iskakov, R., Iskakova, AM, Nurushev, MZh, Khaimuldinova, A., Karbayev, NK. (2021). Method for the Production of Fat from Raw Materials and Animal Waste. *Journal of pure and applied microbiology*, 15(2), 716-724.

8 Iskakov, RM, Gulyarenko, AA, Abilzhanuly, T., Remshev, Ye.U, Khan, VA. (2024). Sistemnyy analiz konstruksii diskovykh nozhey shredera. *Nauchnyy zhurnal Kazakstan gylym men tekhnikasy*, 2, 86-105. DOI: 10.48081/CPTR3341.

9 Abilzhanuly, T., Iskakov, R., Abilzhanov, D., Gulyarenko, A., Khan, V. (2024). Identifying the in-fluence of the pitch of hammers with cutting edges on the average length of feed crushed in hammer grinders. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4:1(130), 69-78. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310045.

10 Jia, S., Li, X., He, W., Wu, G. (2022). Protein-Sourced Feedstuffs for Aquatic Animals in Nutrition Research and Aquaculture. *Advances in experimental medicine and biology*, 1354, 237-261. DOI: 10.1007/978-3-030-85686-1\_12.

11 Dotsenko, SM, Burmaga, AV, Shkol'nikov, PN, Vinokurov, SA. (2017). *Nauchno-prakticheskiye osnovy tekhnologii prigotovleniya formovannykh kormovykh produktov s ispol'zovaniyem tykvenno-zernovykh sostavov*. Blagoveshchensk: Izd-vo Dal'nevost. gos. agrar. un-ta. 350.

12 Usmanov, AS. (2010). *Mashiny dlya agropromyshlennogo kompleksa: spravochnik*. Almaty: Inzhu Marzhan, 500.

13 Kryukov, VS, Pikalova, IN. (2010). K problemam razlichiya raspredeleniya miks-rodobavok pri proizvodstve kombikormov i premiksov. *Nauchno-teoreticheskiy zhurnal Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh*, 2, 97-111.

## Бұрандалы пышақпен және саусақ қондырғыларымен жабдықталған құрылғы дайындалған жемнің біркелкілігін анықтау

Бсқақов Р.М., Әбілжанұлы Т., Гуляренко А.А., Мустафин Ж.Ж., Аскаров Н.К.,  
Байдаулетова М.Ж.

### Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Жемге деген сұраныстың артуына байланысты жоғары біркелкі жем өндірісін қамтамасыз ететін құрылғыларды әзірлеу қажеттілігі туындады. Сонымен қатар, аз зерттелген процесс - жануарлардан алынатын әртүрлі компоненттерді, соның ішінде әртүрлі сүйек қалдықтарын бір-бірімен және басқа шикізатпен араластыру. Осының негізінде жем құрамдастарын жоғары біртектілікке араластыруға бағытталған бұрандалы пышақ және саусақ қондырғыларымен жабдықталған құрылғының конструктивтік-технологиялық схемасы ұсынылды.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу объектісі жемді араластырудың біркелкілігін анықтау болды. Жұмыртқа қабықтары мен тауық жұмыртқасының сарысы қалдықтары бұрандалы пышақ пен саусақ қондырғыларымен жабдықталған құрылғыға салынды. Бұршақ бақылау компоненті ретінде қызмет етті. Аралас үлгілер араластыру процесі басталғаннан кейін 2-ші, 4-ші, 6-шы және 8-ші минуттарда алынды.

Нәтижелер. Шнек-пышақ және саусақ қондырғыларымен жабдықталған әзірленген құрылғыны қолдану арқылы дайындалған жем үлгілеріне эксперименттік зерттеулер жүргізу нәтижесінде жұмыртқа қабығын сарысы қалдықтарымен және бақылау компоненті бұршақпен араластырудың біртектілігіне 89,23% (2 минуттан кейін) нәтижелер алынды; 89,445% (4 минуттан кейін); 89,5% (6 минуттан кейін); 90,8% (8 минуттан кейін).

Қорытынды. Шнек-пышақ және саусақ қондырғыларымен жабдықталған құрылғының әзірленген конструктивтік-технологиялық сұлбасы әртүрлі азық компоненттерін араластыру процесінің тұрақты орындалуын қамтамасыз етті және тәжірибелерде жемді араластырудың жоғары деңгейіне дейін тиімділігін дәлелдеді.

**Кілт сөздер:** азық дайындау; араластырудың біртектілігі; пышақтары бар шнек; саусақ білігі.

### Determination of the homogeneity of feeds prepared in a device equipped with a screw-knife and finger units

Ruslan M. Iskakov, Tokhtar Abilzhanuly, Alexander A. Gulyarenko,  
Zhasulan Zh. Mustafin, Nurzhan K. Askarov, Madina Zh. Baydauletova

### Abstract

Background and Aim. Due to the growing demand for feed, there is a need to develop devices capable of producing highly homogeneous feed mixtures. At the same time, a poorly understood process is the mixing of various components of animal origin, including various bone waste with each other and raw materials remains insufficiently studied. Based on this, we propose a design and technological scheme of a device equipped with a screw-knife and finger units, aimed at achieving a high degree of homogeneity in feed mixing.

Materials and Methods. The study aimed to determine the homogeneity of feed mixing.

Eggshells and yolk waste from chicken eggs were loaded into a device equipped with a screw-knife and finger units. Peas were used as a control component. Mixed samples were collected at 2, 4, 6 and 8 minutes after the start of the mixing process.

Results. As a result of experimental studies of feed samples prepared using the developed device equipped with a screw-knife and finger units, the following results were obtained for the homogeneity of mixing of eggshells with yolk waste and the control component, peas: 89.23% after 2 minutes.; 89.445% after 4 minutes.; 89.5% after 6 minutes; 90.8% after 8 minutes.

Conclusion. The developed design and technological scheme of the device equipped with a screw-knife and finger units ensured stable performance of the mixing process of various feed components and, in experiments, proved its effectiveness in achieving a high level of homogeneity of feed mixing.

**Keywords:** feed preparation; homogeneity of mixing; auger with knives; finger shaft.