

УДК 631.362.334: 631.365.34
МРНТИ 68.85.39, 55.57.43

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-181-191

Дусенов М. К., PhD, основной автор, <https://orcid.org/0000-0002-1855-6694>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», 090009, ул. Жангир хана, 51, г. Уральск, Республика Казахстан, dusenov.maksut@mail.ru

Джаналиев Е. М., кандидат технических наук, <https://orcid.org/0000-0001-5674-6870>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, ernazar.dzhanaliev@mail.ru

Джапаров Р. Р., кандидат технических наук, <https://orcid.org/0009-0005-5720-9360>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», 090009, ул. Жангир хана, 51, г. Уральск, Республика Казахстан, ranil.dzhaparov@mail.ru

Dussenov M.K., PhD, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-1855-6694>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, dusenov.maksut@mail.ru

Janaliyev Y.M., Candidate of Technical Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-5674-6870>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, ernazar.dzhanaliev@mail.ru

Dshaparov R.R., Candidate of Technical Sciences, <https://orcid.org/0009-0005-5720-9360>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, ranil.dzhaparov@mail.ru

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ IMPROVEMENT OF DEVICES FOR CRUSHING ROOT CROPS

Аннотация

В данной статье предоставлено решение проблемы выбора рабочих органов для усовершенствования измельчителей корнеклубнеплодов работающих на принципе резания со скольжением. Основной задачей при приготовление кормов, а именно при измельчения корнеклубнеплодов является соблюдение зоотехнических требований. Одним из главных зоотехнических требований при приготовлении кормов является качество кормов, а при измельчении корнеклубнеплодов размер измельчаемых частиц и минимальное соковыделение. Для решения данной проблемы предоставлен алгоритм модернизации измельчителей корнеклубнеплодов. В нем рассматривается процесс поиска решений проблемы по сохранению качества измельчения корнеклубнеплодов. В качестве методики исследования предоставлен априорный метод ранжирования исследуемых показателей. К показателям были отнесены технологический процесс резания и конструктивные рабочие органы, а в качестве критериев определены качествоизмельчения и и минимальное соковыделение. На основе методики априорного ранжирования основаноого на мнении специалистов в области измельчения кормов были определены перспективные направления для усовершенствования технологического процесса резания за счет комбинирования конструктивных рабочих органов. На основе проведенных исследований была разработана опытная конструкция измельчителя корнеклубнеплодов основанная на скользящем двухопорном резании корнеклубнеплода, для уменьшения соковыделения при взаимодействии корнеклубнеплода с режущими органами. В данной конструкции использованы режущие органы в виде прямолинейных ножей и вертикальных дисков. Данные режущие органы в процессе взаимодействия с корнеклубнеплодом одновременно врезаются в продукт и отрезают элемент без сжимания. Тем самым уменьшается путь резания режущего органа по корнеклубнеплоду, идет снижение сжатия корнеклубнеплода и его отрезанных элементов, и вследствие малого времени воздействия режущих органов на корнеклубнеплод снижение потерь соковыделения.

ANNOTATION

This article provides a solution to the problem of choosing working bodies for improving root crop grinders operating on the principle of sliding cutting. The main task in the preparation of feed, namely, when grinding root crops, is to comply with zootechnical requirements. One of the main zootechnical requirements in the preparation of feed is the quality of feed, and when grinding root crops, the size of the crushed particles and minimal juice release. To solve this problem, an algorithm for upgrading root crop shredders is provided. It examines the process of finding solutions to the problem of preserving the quality of crushing root crops. An a priori method of ranking the studied indicators is provided as a research methodology. The technological process of cutting and constructive working bodies were attributed to the indicators, and the quality of grinding and minimum juice release were determined as criteria. Based on the a priori ranking methodology based on the opinion of experts in the field of feed milling, promising areas for improving the technological cutting process through the combination of constructive working bodies were identified. Based on the conducted research, an experimental design of a root crop shredder was developed based on sliding double-support cutting of root crops to reduce juice production during the interaction of root crops with cutting organs. In this design, cutting organs in the form of rectilinear knives and vertical discs are used. These cutting organs, in the process of interaction with the root crop, simultaneously cut into the product and cut off the element without compression. This reduces the cutting path of the cutting organ along the root crop, there is a decrease in compression of the root crop and its cut-off elements, and due to the short time of exposure of the cutting organs to the root crop, there is a decrease in juice loss.

***Ключевые слова:** априорный метод, рабочий орган, корнеклубнеплод, измельчение, ножи, диск, качество измельчения, соковыделение, скользящее резание, двухопорное.*

***Key words:** a priori method, cutting body, root vegetable, cutting, knives, plate, grinding quality, juice release, sliding cutting, two-pronged.*

Введение. Во многих крестьянских хозяйствах занимающиеся производством продукции животноводства рацион кормов животных состоит из грубых и концентрированных кормов. Данный рацион не способствует повышению продуктивности животных, особенно молочной продукции у крупно-рогатого скота (крс). Для повышения продуктивности у крс в рационе кормов должны присутствовать молокогонные корма, в частности сенаж, силос и корнеклубнеплоды морковь, картофель, кормовая свекла, тыква и т.д [1].

Применение корнеклубнеплодов в рационах кормов для крупно-рогатого скота, согласно зоотехническим требованиям, требует предварительного измельчения. Для измельчения корнеклубнеплодов существует целый ряд устройств, различающихся по способу измельчения и расположению рабочих органов. Основными оценочными показателями в устройствах для измельчения кормов являются качество измельчения и энергоёмкость рабочего процесса.

Качество измельчение корнеклубнеплодов улучшает поедаемость и усвояемость сочного корма. В качестве измельчения входит степень измельчения и количества сока или потери сока в процессе измельчения. Степень измельчения была изучена многими исследователями, а потеря важной составляющей как сок мало изучена. Поэтому оптимизация устройств для измельчения корнеклубнеплодов с целью снижению потерь сока является актуальной задачей в приготовлении сочных кормов для животных [2].

Цель исследования – решение технической задачи по оптимизация устройств для измельчения корнеклубнеплодов с целью снижению потерь сока на уровне патентопригодности.

Материал и методы исследования. Для усовершенствования устройств для измельчения корнеклубнеплодов, которые будут измельчать продукт с минимальными потерями сока, необходимо провести исследования существующих машин и устройств по измельчению кормов, как действующих, так и в патентном виде, и дать анализ существующих конструкций измельчителей корнеклубнеплодов [1–15].

Предварительные исследования существующих конструкций измельчителей корнеклубнеплодов позволило нам провести классификацию данных устройств. В основу классификации определили теорию измельчения материала. Конструкции существующих

измельчителей корнеклубнеплодов в основном используют три способа – это рубка пуансоном, резания лезвием и скоблением. Рассмотрим устройства по измельчению корнеклубнеплодов основанных на рубке, резании и скоблении материала, с их преимуществами и недостатками по минимизации потери сока.

Устройства по измельчению корнеклубнеплодов основанных на рубке материала это роторные ножи и молотки, к ним относятся ИСК-3, МРК-5 и т.д. [15, 16, 17]. При измельчении корнеклубнеплодов рабочими органами данного типа, при многократном воздействии на продукт наблюдается обильное соковыделение.

К устройствам принцип измельчения которых основан на скобление относятся в основном зарубежные КПСК-1000 и его отечественные аналоги типа КПИ-4. Соковыделение при измельчении корнеклубнеплодов в таких устройствах меньше чем при рубке или ударе, но производительность уменьшается. Рабочими органами в таких устройствах являются горизонтальные диски [16, 17].

Рабочие органы устройств основанных на принципе резании материала внедряются в материал лезвием и давлением боковых граней отделяют частицы откалыванием. У данных устройств в начальной стадии резании потери сока минимальны, но при дальнейшем давлении продукт сжимается и происходит выделение сока. Рабочие органы представляют собой ножи с заточкой.

Результаты и их обсуждение. Анализируя типы устройств для измельчения корнеклубнеплодов на основе методики анализа патентного поиска. А именно определение и сравнение эффективных технических решений с помощью качественного сравнения оценочных показателей.

Проведение данной методики позволит узнать мнения специалистов в области измельчения продуктов по отличительным особенностям, а именно по качеству измельчения и удельным затратам на измельчение.

Данная методика, а именно априорное ранжирование позволит сократить время на поиск технических решений и сосредоточиться на показателях которые существенно влияют на качество измельчения и удельные затраты на измельчения.

Априорное ранжирование позволит формализовать разрозненные сведений о конструкциях рабочих органов и вспомогательных процессах на качество измельчения и удельные затраты на измельчение корнеклубнеплодов.

Анализ и классификация устройств для измельчения корнеклубнеплодов выдал большой спектр исследуемых объектов. Для сужения поиска и выбора рационального решения воспользуемся классификацией устройств по обобщенным целям и методам достижения целей [17, 18, 19]. Обобщенной целью является качество измельчения и удельные затраты на измельчения. Обобщенными методами будут конструктивные, технологические и режимные параметры устройства для измельчения корнеклубнеплодов. Создана классификационная таблица измельчителей по рабочему органу, в каждой клетке которой могут быть размещены краткие формулировки обобщенных целей и методов (табл. 1). На основе анализа литературных источников и собственных исследований выбрано восемнадцать особенностей, которые могут оценить эксперты в области кормоприготовления (табл. 1).

Большое разнообразие конструкций по измельчению корнеклубнеплодов требует сужение поиска, а именно экспертной оценки. Экспертная оценка была проведена в форме априорного ранжирования особенных показателей [11-22].

Из большого разнообразия показателей было выбрано семь наиболее значимых:

- ножевой измельчитель (X_1);
- со скоблением стружки (X_2);
- дисковый измельчитель (X_3);
- с односторонним резанием (X_4);
- с двухсторонним резанием (X_5);
- со скользящим резанием (X_6);
- сочетание двух рабочих органов (X_7).

и по ним было проведено априорное ранжирование (табл.2).

Таблица 1 – Оценочная классификационная таблица измельчителей по рабочему органу

Обобщенные методы		Обобщенные цели									
	Особенные показатели	Качество измельчения					Минимальное соковыделение				
		эксперты					эксперты				
		1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Конструктивные: Рабочие органы	Прямолинейные ножи	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+
	Криволинейные ножи	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+
	Горизонтальные диски	+	-	+	+	-	+	-	+	+	-
	Вертикальные диски	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
	Молотковый	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-
	Ножи с заточкой	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+
	Сочетание рабочих органов	ножи+диски	+	-	+	+	+	+	+	-	+
	ножи+противорезы	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Подпор продукта	Под собственным весом	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+
	Массовый подпор	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+
	Оборудованием	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+
	Рабочим органом	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Технологические	С полным циклом резания	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
	С неполным циклом резания	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Одноступенчатое измельчение	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
	Многоступенчатое измельчение	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	Резание одним слоем	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Многослойное резание	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 2 – Результаты априорного ранжирования отличительных показателей измельчителей корнеклубнеплодов

Номер эксперта	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
1	5	7	6	3	4	2	1
2	5	6	4	7	3	1	2
3	7	5	6	3	4	2	1
4	7	5	4	6	1	3	2
5	7	5	6	4	2	3	1
Сумма рангов	31	28	26	23	14	11	7
Реднее значение	20						
Отклонение	11	8	6	3	-6	-9	-13
Квадраты отклонений	121	64	36	9	36	81	169
Коэффициент конкордации	0,73						

Коэффициент конкордации составляет 0,73, что говорит о согласованности мнений экспертов. Также по рангам определим весомость каждого показателя (табл. 3).

Таблица 3 – Результат определения весомостей показателей

Номер эксперта	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄		X ₅		X ₆		X ₇	
	P	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P	B
1	5	3	7	1	6	2	3	5	4	4	2	6	1	7
2	5	3	6	2	4	4	7	1	3	5	1	7	2	6
3	7	1	5	3	6	2	3	5	4	4	2	6	1	7
4	7	1	5	3	4	4	6	2	1	7	3	5	2	6
5	7	1	5	3	6	2	4	4	2	6	3	5	1	7
Сумма весомостей		9		12		14		17		26		29		33
Общая сумма весомостей	140													
Весомость, %		6,4		8,5		10		12,1		18,5		20,7		23,5

Анализ результатов определения весомых показателей (табл. 3) показывает, что наиболее приемлемый вариант измельчителя корнеклубнеплодов это сочетание рабочих органов резания ножа и диска с двойным скользящим резанием. Приведем несколько обоснований, которые набрало наибольшее количество (табл.1). Известен измельчитель корнеплодов КПИ-4, состоящий из загрузочного бункера, камеры измельчения, рамы, верхнего диска, нижнего диска с ножами, выбрасывателя, деки, электропривода рабочих органов. Основным рабочим органом КПИ-4 являются горизонтальные диски, которые измельчают продукт путем снятия стружки (рис. 1). Также имеется измельчитель РКР-2, с вертикальными дисками, работающим по такому же принципу [23].

Недостатком измельчителей данного типа являются: необходимость подпора продукта для измельчения, переизмельчение и излишняя деформация корнеплодов, а также невозвратимые потери сока.

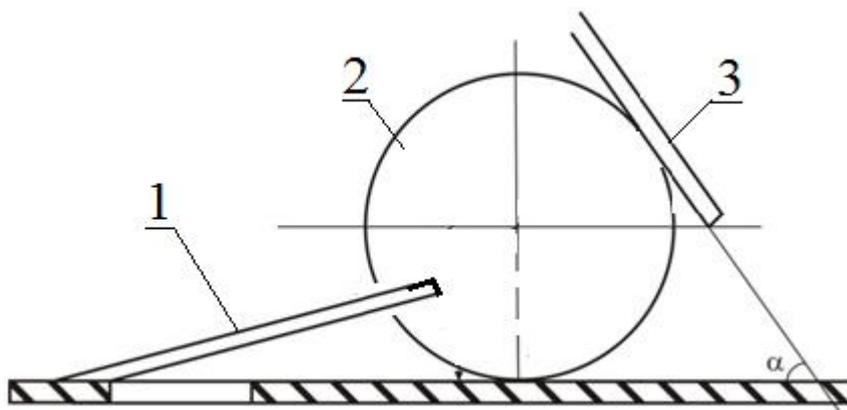


Рисунок 1 – Измельчитель корнеплодов с горизонтальным диском: 1- горизонтальный диск; 2- корнеклубнеплод; 3 – подпор.

В качестве устройство для измельчения корнеклубнеплодов, работающего по принципу рубки, включающее корпус с размещенными в нем рабочими органами — две или четыре пары ножей серповидной формы, дугообразный калибратор с гребенкой, направляющей перегородки (рис. 2). Ротор с фланцами приводного вала приводится во вращение электродвигателем. Растительное сырье подается через приемный бункер. Недостатком

прототипа является высокая энергоёмкость процесса измельчения в виду неравномерной нагрузки на приводной вал [24].

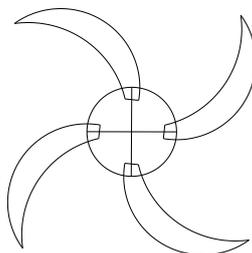


Рисунок 2 – Измельчитель корнеклубнеплодов с серповидными ножами

На животноводческих фермах Западного региона Казахстана получили распространение измельчители-смесители кормов ИСК-3 с ножевым рабочим органом (рис. 3). Они просты в эксплуатации и надежны в работе. Кроме того к преимуществам ножевого измельчителя-смесителя ИСК-3 следует отнести – нечувствительность к виду и влажности измельчаемых кормов, что позволяет использовать его для измельчения сена, веточного корма, кукурузного силоса, корнеплодов с одновременным их смешиванием.

Существенным недостатком измельчителей-смесителей с ножевым рабочим органом является высокая энергоёмкость процесса измельчения [25].

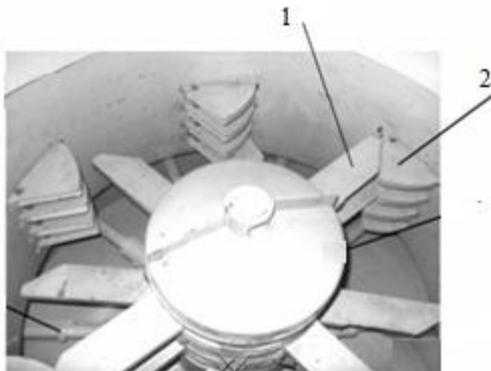


Рисунок 3 – Измельчитель-смеситель кормов с роторными ножами и противорезами:
1- прямолинейный нож; 2 – противорез.

Анализ литературных источников и оценка экспертов (табл. 2, 3). показали, что наиболее перспективным путем для повышения качества измельчения и минимизации соковыделения корнеклубнеплодов, является применение в качестве рабочих органов измельчителей прямолинейных ножей и дисков в качестве противорезов. Следовательно, возникла необходимость в модернизация существующих опытных образцов измельчителей корнеклубнеплодов [26].

Исходя из вышеизложенных заключений, в Западно-Казахстанском аграрно-техническом университете разработана модернизированная универсальная конкурентоспособная конструкция измельчителя корнеклубнеплодов, не требующая больших инвестиций, также имеющая ряд показателей, таких как снижение затрат энергии на измельчение, минимальное количество сока и мезги, меньшую металлоёмкость, что в свою очередь подтверждает что данная разработка не уступает существующим зарубежным и отечественным аналогам, а в некоторых случаях и превосходит их.

В качестве аналога известен измельчитель-смеситель кормов ИСК-3 [25], который состоит из консольно расположенных прямолинейных ножей с выгрузными лопастями и противорезами. Рабочий процесс данного устройства энергоёмкий и обладает большими габаритами и массой.

Предлагаемый измельчитель имеет в своей конструкции элементы подтвержденные патентом на полезную модель [27].

На рис. 4 изображен измельчитель корнеклубнеплодов, вид общий; на рис. 5 Вид А на рис. 4.

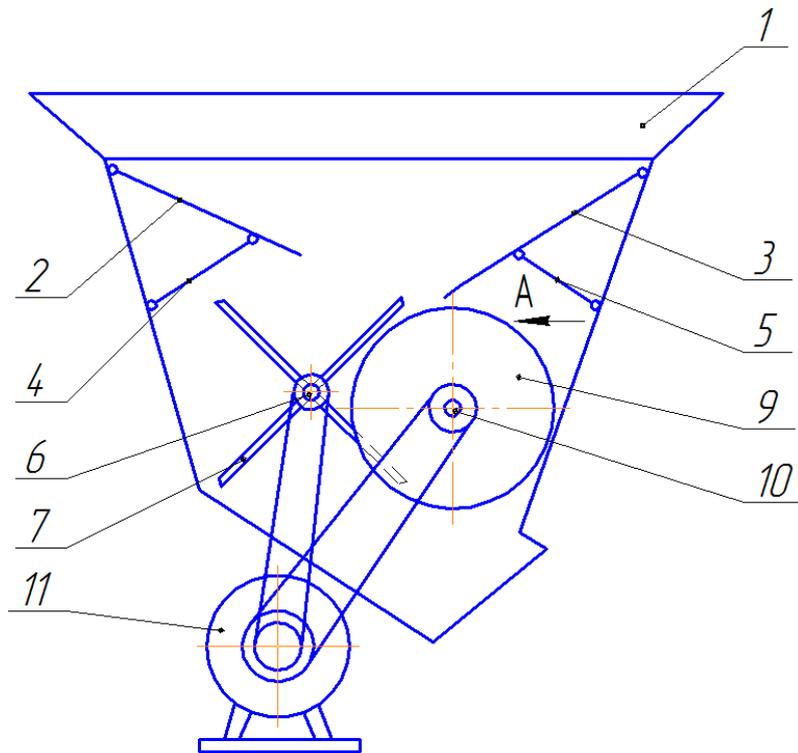


Рисунок 4 – Усовершенствованный измельчитель корнеклубнеплодов

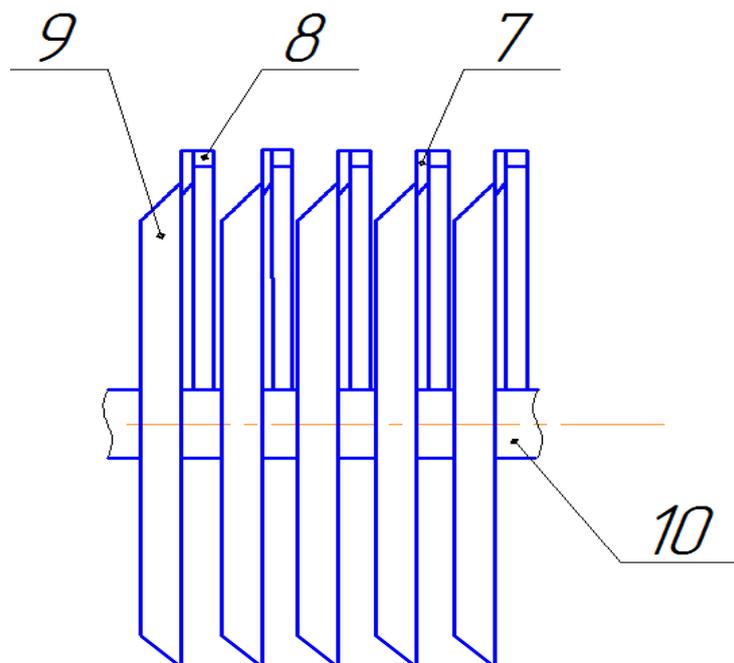


Рисунок 5 – Рабочие органы измельчителя, Вид А на рис. 4.

Устройство для измельчения корнеклубнеплодов, содержит корпус с горловиной 1, внутри которого расположены направляющие перегородки 2 и 3, удерживаемые стойками 4 и 5. Под направляющими перегородками внутри камеры измельчителя на приводном валу 6 жестко

установлены ножи 7 прямолинейной формы, имеющие с противоположной стороны лезвия ножей буртики 8. Ножи установлены с возможностью свободного перемещения между дисками 9. Диски 9 закреплены на валу 10 и имеют острые кромки по периметру окружности. Ножи 7 и диски 9 приводятся во вращательное движение электродвигателем 11.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Включается в работу электродвигатель и предназначенные к измельчению мытые от земли корнеклубнеплоды загружают через горловину в корпус 1, откуда они под собственным весом по направляющим перегородкам 2 и 3 поступают в зону вращения ножей 7 и дисков 9.

Корнеклубнеплоды, при перемещении разрезаются с одной стороны ножами 7 с другой острыми кромками вращающихся дисков 9. Обеспечивается тем самым резание корнеклубнеплодов с двух сторон, что предотвращает ломкость отрезанных ломтиков и излишнее выделение сока. Также это позволит уменьшить неравномерность нагрузки на приводной вал 6 ножей измельчителя. Отрезанные дольки проходят между дисками. Этому способствуют буртики 8 ножей 7, которые проходя между дисками, захватывают за собой дольки корнеклубнеплодов, освобождая тем самым пространство между дисками.

Закключение. Предложенная конструкция сочетания и расположения рабочих органов позволит уменьшить удельные энергозатраты на измельчение, минимизировать количество сока и мезги, металлоёмкость конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Дусенов, М.К. Исследование процесса очистки корнеклубнеплодов роторной щеткой [Текст] / М.К. Дусенов // Уральск: Наука и образование, 2020. - № 1-2. - 117 с.

2 Дусенов, М.К. Constructive-regime parameters of rotor-brush cleaner for tuberous roots dry cleaning [Текст] / М.К. Дусенов, Б.Н. Нуралин, Ж.К. Кубашева, Н.И. Омарова, В.П. Захаров, Е.М. Джаналиев, А.А. Бакушев // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, ISSN: 1678-5878 (Print) 1806-3691 (Online), Volume 40. Issue 2, February 2018.

3 Ветров И.Ю. Анализ технических решений устройств измельчения корнеклубнеплодов [Текст] / И.Ю. Ветров // Курск: Изд-во Курская гос. Сельхоз. Акад, 2018. – 141 с.

4 Шуханов, С.Н. Устройство для подготовки кормов к скармливанию [Текст] / С.Н. Шуханов, А.В. Косарева, А.С. Доржиев // Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та, 2018. № 1. 23 с.

5 Li, Y. Design and experiment of banana straw crushing and returning machine with anti-wrapping device supported by flailing blade [Текст] / Y. Li // *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 37 (18), pp.11-19. <http://www.tcsae.org/nygxcb/ch/index.aspx>
doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.18.002

6 Wang, D. Mechanism Analysis and Parameter Optimization of Hammer Mill for Corn Stalk // *Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 48 (11), pp.165-171.[Текст] / <http://www.j-csam.org/jcsam/ch/index.aspx>
doi: 10.6041/j.issn.1000-1298.2017.11.020

7 Jia, H. Design and experiment of the straw breaking and diversion device for maize harvesters / *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 38 (4), pp. 12-23. <http://www.tcsae.org/nygxcb/ch/index.aspx> doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.04.002

8 Lü, J. Design and test of seed potato cutting device with vertical and horizontal knife group. *Nongye Jixie Xuebao/ [Текст] / J. Lü, //Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 51(8), 89-97. doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2020.08.010

9 Шуханов С.Н. Коваливнич В.Д., Доржиев А.С. Обзор современных конструкций измельчителей корнеклубнеплодов как основа для создания более совершенных машин [Текст] / С.Н. Шуханов, В.Д. Коваливнич, А.С. Доржиев // М.: Аграрная наука, 2016. № 1. С. 31.

10 Moos, J.A. Small-scale mechanical carrot washer for research sample preparation [Текст] / J.A. Moos // *Applied Engineering in Agriculture*, Volume 18, Issue 2, 3/2002, ISSN 0883-8542, Pg. 235-241.

11 Морозов, А. В. Комбинированное устройство для мойки и измельчения корнеплодов Патент №205076 от 25.06.2021 бюл №18 [Текст] / А. В. Морозов, В.В. Хабарова,

М.М. Замальдинов, А. М. Исаева //

12 Qinghui, W. Design and experimental study of hob type straw crushing device *Xinjiang Agricultural Sciences* [Текст]/ W.Qinghui // , 49 (2), pp. 279-284.

13 Дусенов, М.К. Исследование повреждаемости корнеклубнеплодов в роторно-щеточном устройстве [Текст]: М.К. Дусенов – Алматы: Исследование, результаты , 2020. - № 3. - 345 с.

14 Устройство для измельчения корнеклубнеплодов [Текст]: Патент №5011 на полезную модель от 05.06.2020. Р.Р.Джапаров.

15 Wang, F., Ma, S., Ke, W., Xing, H., Bai, J., Hu, J., . . . Wei, Y. (2021). Optimization of basecutter structural parameters for under-the-ground sugarcane basecutting. *Applied Engineering in Agriculture*, 37(2), 233-242. doi:10.13031/AEA.14178

16 Крючкова, Л.Г. Обоснование способа и параметров процесса измельчения корнеплодов [Текст]: Л.Г. Крючкова – Благовещенск: Вестник современных исследований, 2019. – 106 с.

17 Dabo-Niang, S. Guillas S. (2010) – Functional semiparametric partially linear model with autoregressive errors / *Jouornal of Multivariate Analysis*, Volume 101, Issue 2, 2/2010, ISSN 0047-259X, Pg. 307-315.

18 Yuehong, M., Jiayi, Z., Chen, F.A. (2009) Performance test of straw crushing and returning machine [Текст]: / *Agricultural Mechanization Research*, 31 (4), pp. 126-128.

19 Qinghui, W., Xuenong, W., Chen, F.A., Jiayi, Z., Xuanfeng, L., Zhaofeng, G. (2012) Design and experimental study of hob type straw crushing device / *Xinjiang Agricultural Sciences*, 49 (2), pp. 279-284.

20 Новиков, В.В., Камышева, О.А., Грецов, А.С. Результаты исследования производительности шнекового измельчителя корнеклубнеплодов [Текст]: В.В. Новиков, О.А. Камышева, А.С. Грецов // - 2016.- №2(58) – Оренбург: Известия Оренбургского ГАУ.- 65 с.

21 Камышева, О.А. Методические основы и обоснование структурно-функциональной схемы измельчителя корнеплодов [Текст]: О.А. Камышева // *Инновационные достижения науки и техники АПК*. - 2017. Кинель: Изд-во СамарскойГСХА, - 679 с.

22 Малыгин, Н.О. Обоснование процесса измельчения корнеклубнеплодов при приготовлении кормов [Текст]: Н.О. Малыгин – Вологда: Изд-во Вологодская гос. Академия, 2021, - 82 с.

23 Князев, А.Ф. Механизация и автоматизация животноводства / А.Ф. Князев, Е.И. Резник, С.В. Рыжов, В.Ф. Сторчевой, Н.И. Бычков, В.Г. Шевцов // *Учебники и учеб. пособия для студентов средних специальных учеб. заведений* — М.: Колос 2004. - 375 с. ил. С. 124, рис. 2.22.

24 Ханхасаев, Г.Ф. Измельчитель корнеклубнеплодов / Г.Ф. Ханхасаев, С.Н. Шуханов, В. Д. Коваливнич, Ж.В. Гармаев // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2014., №1, С11.

25 Джапаров, Р.Р. Совершенствование рабочих органов измельчителя смесителя кормов ИСК-3 [Текст]: Р.Р. Джапаров, М.М. Константинов, Б.Н. Нуралин, А.Ж. Нуралин – Оренбург: Известия Оренбургского Государственного аграрного университета. 2020, № 2, 133 с.

26 Булатов, С.Ю. Результаты экспериментальных исследований по изучению условий защемления клубня в дисковом измельчителе корнеклубнеплодов [Текст] / С.Ю. Булатов, Р.А. Смирнов// Княгинино: Изд-во Нижегородский гос ун-та, 2018. №18. – 47 с.

27 Джапаров, Р.Р. Устройство для измельчения корнеклубнеплодов [Текст] /Р.Р.Джапаров//Патент №5011 на полезную модель от 05.06.2020.

REFERENCES

1 Dusenov, M.K. Issledovanie processa ochistki korneklubneplodov rotornoj shchetkoj [Текст]/ М.К. Dusenov // *Ural'sk: Nauka i obrazovanie*, 2020. - № 1-2. - 117 s.

2 Dusenov, M.K. Constructive-regime parameters of rotor-brush cleaner for tuberous roots dry cleaning [Текст] / М.К. Dusenov, B.N. Nuralin, ZH.K. Kubasheva, N.I. Omarova, V.P. Zaharov, E.M. Dzhanaliev, A.A. Bakushev // *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, ISSN: 1678-5878 (Print) 1806-3691 (Online), Volume 40. Issue 2, February 2018.

3 Vetrov I.YU. Analiz tekhnicheskikh reshenij ustrojstv izmel'cheniya korneklubneplodov [Tekst]/ I.YU. Vetrov// Kursk: Izd-vo Kurskaya gos. Sel'hoz. Akad, 2018. – 141 s.

4 SHuhanov, S.N. Ustrojstvo dlya podgotovki kormov k skarmlivaniyu [Tekst] / S.N. SHuhanov, A.V. Kosareva, A.S. Dorzhiev // Irkutsk: Izd-vo Irkutskogo gos. un-ta, 2018. № 1. 23 s.

5 Li, Y. Design and experiment of banana straw crushing and returning machine with anti-wrapping device supported by flailing blade [Tekst] / Y. Li //Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 37 (18), pp.11-19. <http://www.tcsae.org/nygxcb/ch/index.aspx> doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.18.002

6 Wang, D. Mechanism Analysis and Parameter Optimization of Hammer Mill for Corn Stalk /Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 48 (11), pp.165-171.[Tekst]/ <http://www.j-csam.org/jcsam/ch/index.aspx> doi: 10.6041/j.issn.1000-1298.2017.11.020

7 Jia, H. Design and experiment of the straw breaking and diversion device for maize harvesters / Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 38 (4), pp. 12-23. <http://www.tcsae.org/nygxcb/ch/index.aspx> doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.04.002

8 Lü, J. Design and test of seed potato cutting device with vertical and horizontal knife group. Nongye Jixie Xuebao/ [Tekst]/ J. Lü, //Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 51(8), 89-97. doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2020.08.010

9 SHuhanov S.N. Kovalivnich V.D., Dorzhiev A.S. Obzor sovremennykh konstrukcij izmel'chitelej korneklubneplodov kak osnova dlya sozdaniya bolee sovershennykh mashin [Tekst] / S.N. SHuhanov, V.D. Kovalivnich, A.S. Dorzhiev // M.:Agrarnaya nauka, 2016. № 1. S. 31.

10 Moos, J.A. Small-scale mechanical carrot washer for research sample preparation [Tekst]/ J.A. Moos // Applied Engineering in Agriculture, Volume 18, Issue 2, 3/2002, ISSN 0883-8542, Pg. 235-241.

11 Morozov, A. V. Kombinirovannoe ustrojstvo dlya mojki i izmel'cheniya korneplodov Patent №205076 ot 25.06.2021 byul №18 [Tekst] / A. V. Morozov, V.V. Habarova, M. M. Zamal'dinov, A. M. Isaeva //

12 Qinghui, W. Design and experimental study of hob type straw crushing device Xinjiang Agricultural Sciences [Tekst]/ W.Qinghui // , 49 (2), pp. 279-284.

13 Dusenov, M.K. Issledovanie povrezhdaemosti korneklubneplodov v rotorno-shchetochnom ustrojstve [Tekst]: M.K. Dusenov – Almaty: Issledovanie, rezul'taty , 2020. - № 3. - 345 s.

14 Ustrojstvo dlya izmel'cheniya korneklubneplodov [Tekst]: Patent №5011 na poleznuyu model' ot 05.06.2020. R.R.Dzhaparov.

15 Wang, F., Ma, S., Ke, W., Xing, H., Bai, J., Hu, J., . . . Wei, Y. (2021). Optimization of basecutter structural parameters for under-the-ground sugarcane basecutting. Applied Engineering in Agriculture, 37(2), 233-242. doi:10.13031/AEA.14178

16 Kryuchkova, L.G. Obosnovanie sposoba i parametrov processa izmel'cheniya korneplodov [Tekst]: L.G. Kryuchkova – Blagoveshchensk: Vestnik sovremennykh issledovaniy , 2019. – 106 s.

17 Dabo-Niang, S. Guillas S. (2010) – Functional semiparametric partially linear model with autoregressive errors / Jouornal of Multivariate Analysis, Volume 101, Issue 2, 2/2010, ISSN 0047-259X, Pg. 307-315.

18 Yuehong, M., Jiayi, Z., Chen, F.A. (2009) Performance test of straw crushing and returning machine [Tekst]: / Agricultural Mechanization Research, 31 (4), pp. 126-128.

19 Qinghui, W., Xuenong, W., Chen, F.A., Jiayi, Z., Xuanfeng, L., Zhaofeng, G. (2012) Design and experimental study of hob type straw crushing device / Xinjiang Agricultural Sciences, 49 (2), pp. 279-284.

20 Novikov, V.V., Kamysheva, O.A., Grecov, A.S. Rezul'taty issledovaniya proizvoditel'nosti shnekovogo izmel'chitelya korneklubneplodov [Tekst]: V.V. Novikov, O.A. Kamysheva, A.S. Grecov // - 2016.- №2(58) – Orenburg: Izvestiya Orenburgskogo GAU.- 65 s.

21 Kamysheva, O.A. Metologicheskie osnovy i obosnovanie strukturno-funkcional'noj skhemy izmel'chitelya korneplodov [Tekst]: O.A. Kamysheva // Innovacionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK. - 2017. Kinel': Izd-vo SamarskojGSKHA, - 679 s.

22 Malygin, N.O. Obosnovanie processa izmel'cheniya korneklubneplodov pri prigotovlenii kormov [Tekst]: N.O. Malygin – Vologda: Izd-vo Vologodskaya gos. Akademiya, 2021, - 82 s.

23 Knyazev, A.F. Mekhanizaciya i avtomatizaciya zhivotnovodstva / A.F. Knyazev, E.I. Reznik, S.V. Ryzhov, V.F. Storchevoj, N.I. Bychkov, V.G. Shevcov // Uchebniki i ucheb. posobiya dlya studentov srednih special'nyh ucheb. zavedenij — M.: Kolos 2004. - 375 s. il. S. 124, ris. 2.22.

24 Hanhasaev, G.F. Izmel'chitel' korneklubneplodov / G.F. Hanhasaev, S.N. SHuhanov, V. D. Kovalivnich, ZH.V. Garmaev // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. 2014., №1, S11.

25 Dzharparov, R.R. Sovershenstvovanie rabochih organov izmel'chitelya smesitelya kormov ISK-3 [Tekst]: R.R. Dzharparov, M.M. Konstantinov, B.N. Nuralin, A.ZH. Nuralin – Orenburg: Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020, № 2, 133 s.

26 Bulatov, S.YU. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovanij po izucheniyu uslovij zashchemleniya klubnya v diskovom izmel'chitele korneklubneplodov [Tekst] / S.YU. Bulatov, R.A. Smirnov// Knyaginino: Izd-vo Nizhegorodskij gos un-ta, 2018. №18. – 47 s.

27 Dzharparov, R.R. Ustrojstvo dlya izmel'cheniya korneklubneplodov [Tekst] /R.R.Dzharparov//Patent №5011 na poleznuyu model' ot 05.06.2020.

ТҮЙІН

Бұл мақалада сырғанау арқылы кесу принципімен жұмыс істейтін тамыр түйнектерін ұсақтағыштарды жақсарту үшін жұмыс органдарын таңдау мәселесінің шешімі берілген. Жемшөп дайындаудағы негізгі міндет, атап айтқанда тамыр дақылдарын ұсақтау кезінде зоотехникалық талаптарды сақтау болып табылады. Жемді дайындаудағы негізгі зоотехникалық талаптардың бірі-жемнің сапасы, ал тамыр дақылдарын ұсақтау кезінде ұсақталған бөлшектердің мөлшері және ең аз шырын шығыны. Бұл мәселені шешу үшін тамыр түйнектерін ұсақтағыштарды модернизациялау алгоритмі ұсынылған. Ол тамыр түйнектерін ұсақтау сапасын сақтау мәселесінің шешімдерін іздеу процесін қарастырады. Зерттеу әдісі ретінде зерттелетін көрсеткіштерді саралаудың априорлық әдісі ұсынылған. Көрсеткіштерге кесудің технологиялық процесі және конструктивті жұмыс органдары кірді, ал критерийлер ретінде ұсақтау сапасы және ең аз шырын бөлу анықталды. Жемшөпті ұсақтау саласындағы мамандардың пікіріне негізделген априорлық саралау әдістемесінің негізінде құрылымдық жұмыс органдарын біріктіру арқылы кесудің технологиялық процесін жетілдірудің перспективалық бағыттары анықталды. Жүргізілген зерттеулер негізінде тамырлы дақылдардың кесу мүшелерімен өзара әрекеттесуі кезінде шырынның бөлінуін азайту үшін тамырлы дақылдардың жылжымалы Қос торлы кесуіне негізделген тамырлы дақылдарды ұсақтағыштың тәжірибелік дизайны жасалды. Бұл дизайнда түзу пышақтар мен тік дискілер түріндегі кесу органдары қолданылады. Бұл кесу органдары тамыржеміспен өзара әрекеттесу процесінде өнімге бір уақытта кесіліп, элементті қысусыз кесіп тастайды. Осылайша, тамыр түйнегі арқылы кесу органының кесу жолы азаяды, тамыр түйнегі мен оның кесілген элементтерінің қысылуы төмендейді, ал кесу органдарының тамыр түйнегіне әсер ету уақыты аз болғандықтан, шырын шығыны азаяды.

УДК: 631.334
МРНТИ: 68.85.29

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-191-203

Куваев А.Н., доктор философии (PhD), **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0001-5396-0716>
Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Республика Казахстан, г. Костанай, пр. Абая, 34, kuvaevanthon@yandex.ru

Дерепаскин А.И., доктор технических наук, <https://orcid.org/0000-0003-4553-5474>
Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Республика Казахстан, г. Костанай, пр. Абая, 34, a.derepaskin48@mail.ru

Токарев И.В., докторант, <https://orcid.org/0000-0001-6325-6423>
НАО «Костанайский региональный университет им. А. Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, г. Костанай, ул. Байтұрсынова, 47, Tokarev_Ivan.V@mail.ru