

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, и.о. доцент, <https://orcid.org/0000-0002-7177-413X>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 0900009, Казахстан, ernazar.dzhanaiev@mail.ru

Кашбаев А.А., магистр, старший преподаватель, <https://orcid.org/0009-0009-5171-4234>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 0900009, Казахстан, abdybai1967@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

Janaliev Y.M., Candidate of Engineering Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-7177-413X>

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

Kashbaev A.A., master's degree, senior lecturer, <https://orcid.org/0009-0009-5171-4234>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, abdybai1967@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРНЕПЛОДОВ OPTIMIZATION OF THE LOCATION OF THE WORKING ORGANS OF THE ROOT CROP CHOPPER

Аннотация

В данной работе рассматриваются вопросы оптимизации конструктивно-режимных параметров рабочих органов двухопорного измельчителя корнеплодов. Процесс резания данного измельчителя основан на одновременном воздействии на корнеплод двух рабочих ножей. При одновременном воздействии на корнеплод с противоположных сторон ножей и противорезов, сокращается путь резания и не происходит излома отрезанных элементов, что позволит снизить потери сока при измельчении. В статье приведено описание и принцип работы измельчителя корнеплодов работающего по принципу резания вращающимися ножами и противорезами одновременно. Показан процесс проведения экспериментальных исследований по оптимизации конструктивно-режимных параметров, определены критерии оптимизации остаточная масса после измельчения корнеплодов. Были определены основные независимые и зависимые факторы влияющие на критерий оптимизации. К зависимым факторам были отнесены частота вращения ножей и эксцентриситеты противореза относительно оси ножей. Путем реализации ортогонального центрального композиционного планирования эксперимента была получена математическая модель процесса измельчения корнеплодов двухопорным измельчителем в виде функциональной зависимости от оптимальной массы измельченного продукта от конструктивно-режимных параметров. Анализ графиков математической модели измельчения корнеплодов двухопорным измельчителем показал, что оптимальной зоной резания будет являться расположения противореза и ножа с эксцентриситетом в пределах горизонтальный эксцентриситет = 47 см, вертикальный эксцентриситет = 32 см.

Результаты исследования показывают, что путем оптимизации конструктивных параметров измельчителя можно минимизировать обильное сокоотделение и структурное разрушение ломтиков корнеплодов.

ANNOTATION

In this paper, the issues of optimization of the design and operating parameters of the working bodies of a two-support chopper of root crops are considered. The cutting process of this chopper is based on the simultaneous action of two working knives on the root crop. With simultaneous exposure to the root crop from opposite sides of knives and counter-cuts, the cutting path is shortened and the cut elements do not break, which will reduce juice loss during grinding. The article describes and describes the principle of operation of a root crop chopper operating on the principle of cutting with rotating knives and counter-cutters at the same time. The process of conducting experimental studies to optimize the design and operating

parameters is shown, the criteria for optimizing the residual mass after grinding root crops are determined. The main independent and dependent factors influencing the optimization criterion were identified. The dependent factors included the rotation frequency of the knives and the eccentricities of the counter-cut relative to the axis of the knives. By implementing orthogonal central compositional planning of the experiment, a mathematical model of the process of crushing root crops with a two-support chopper was obtained in the form of a functional dependence on the optimal mass of the crushed product on the design and operating parameters. An analysis of the graphs of the mathematical model of crushing root crops with a two-prong chopper showed that the optimal cutting zone would be the location of the counter-cutter and knife with an eccentricity within the horizontal eccentricity = 47cm, vertical eccentricity = 32 cm.

The results of the study show that by optimizing the design parameters of the shredder, it is possible to minimize the abundant juice separation and structural destruction of root crop slices.

Ключевые слова: два рабочих органа, двухопорный, корнеплод, измельчитель, противорез, нож, частота вращения, эксцентриситетное расположение.

Key words: two working bodies, double-support, root crop, chopper, counter-cutter, knife, rotation speed, eccentric arrangement.

Введение. В связи с зоотехническими требованиями к кормовой базе, а именно к сбалансированным кормам животных возник дефицит разнообразия кормов. Для продуктивного содержания животных, необходимо чтобы в рационе кормов присутствовали сочные корма такие как корнеклубнеплоды в измельченном виде. Корнеплоды в измельченном виде без труда поедаются животными. Также закономерно то, что животные хорошо усваивают питательные вещества измельченных корнеплодов. В процессе измельчения корнеплодов получаем элементы корнеплодов размерами 8-10 мм и жидкую фракцию, которые охотно поедаются животными [1,2]. Но жидкая фракция через отверстия в измельчителе и другого применяемого при транспортировке, и раздаче технологического оборудования вытекает, и не доходит до животных.

В процессе измельчения корнеплодов происходит сжатие и резание продукта, которое сопровождается обильным соковыделением, а при транспортировке и длительном хранении его потерей. Поэтому при измельчении корнеклубнеплодов, необходимо минимизировать потери питательных веществ при приготовлении кормов [3-10]. В существующих устройствах по измельчению корнеклубнеплодов степень измельчения варьирует от 35% до 86%, в зависимости от способа измельчения и конструкции рабочих органов.

Целью работы является оптимизация расположения ножей и противорезов измельчителя корнеплодов относительно друг-друга, с минимальным соковыделением.

Материалы и методы исследования. Для исследования процесса измельчения с минимизацией соковыделения была разработана и изготовлена опытная конструкция измельчителя корнеплодов. Исследованию подлежит процесс измельчения корнеплодов ножами с противорезами. Предварительно были проведены теоретические расчеты, далее эксперименты и обработка данных.

Определение и оптимизация конструктивно-режимных параметров рабочих органов измельчителя корнеклубнеплодов проводилось на экспериментальной установке. На экспериментальной установке при различных положениях ножей и противорезов проводили измельчение корнеплодов, а эффективность измельчения взвешиванием измельченных корнеплодов.

Методика исследования

Для исследования процесса измельчения корнеклубнеплодов разработано и изготовлено устройство, основанное на принципе резание пуансоном и лезвием, включающая в себя вращающиеся ножи и диски. Схема измельчителя корнеклубнеплодов представлена на рисунке 1 [11].

Устройство для измельчения корнеклубнеплодов (рисунок 1), содержит корпус с горловиной, внутри которого расположены направляющие перегородки, удерживаемые стойками. Под направляющими перегородками внутри камеры измельчителя на приводном валу жестко установлены ножи прямолинейной формы, имеющие с противоположной стороны лезвия ножей буртики. Ножи 1 установлены с возможностью свободного перемещения между противорезами 2 (рисунок 2). Противорезы 2 закреплены наклонно на корпусе и имеют острые кромки. Ножи приводятся во вращательное движение электродвигателем.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Включается в работу электродвигатель и предназначенные к измельчению мытые от земли корнеплоды загружают через горловину в корпус, откуда они под собственным весом по направляющим перегородкам поступают в зону резания ножей 1 и противорезов 2 (рисунок 2) [8, 9].

Корнеплоды, при перемещении разрезаются с одной стороны ножами 1 с другой острыми кромками противорезов 2. Обеспечивается тем самым резание корнеплодов с двух сторон. Это позволит уменьшить неравномерность нагрузки на приводной вал ножей измельчителя. Отрезанные дольки проходят между противорезами. Этому способствуют буртики ножей, которые проходя между противорезами, захватывают за собой дольки корнеплодов, освобождая тем самым пространство между дисками для измельчения новой порции.



Рисунок 1 – Устройство для измельчения корнеплодов (общий вид)



Рисунок 2 – Рабочие органы измельчителя корнеплодов: 1- ножи; 2 – противорезы.

Применение данной конструкции измельчителя корнеплодов позволит уменьшить структурное разрушение продукта с минимальным выделением сока [11, 12].

При проведении эксперимента с целью снижения соковыделения при измельчении в качестве основных факторов были выбраны частота вращения ножей и эксцентриситеты противорезов относительно оси ножей. Оценочным показателем эффективности измельчения была принята остаточная масса после измельчения продукта.

Исследования процесса измельчения корнеплодов выполняли с помощью измельчителя (рисунок 3), конструкция которого позволяла изменять скорость резания посредством регулирования частоты вращения ротора электродвигателя постоянного тока. Подаваемое на электродвигатель напряжение изменяли регулятором. На основании ранее выполненных

исследований процесса скользящего двух опорного резания корнеплодов, результата поисковых опытов, а также исходя из конструктивных соображений, нами выбраны и приняты основные независимые факторы процесса резания: угол наклона ножей из рекомендации для измельчителей с наклонными ножами; размеры ножей, количество ножей исходя из производительности измельчителя корнеплодов.

При проведении исследований по измельчению корнеплодов был применен многофакторный план эксперимента. Для проведения эксперимента определены факторы, которые оказывают влияние на критерий оптимизации процесса измельчения – измельченная масса корнеплодов [13]. По результатам эксперимента определим математическую модель измельчения корнеплодов в виде уравнения регрессии. Анализ математической модели позволит оптимизировать значения параметров измельчителя корнеплодов. Экспериментальные данные обрабатывались на компьютере с использованием программы «Excel». В ранее проведенных исследованиях методом регрессивного анализа были определены факторы, которые оказывают влияние на качество измельчения: частота вращения ножей $n_{ж}$, вертикальный « y_e » и горизонтальный « x_e » эксцентриситет расположения противорезов рисунок 3. Конструкция устройства позволяет изменять параметры в заданных пределах (табл. 1) [12, 19].

Таблица 1 – Факторы влияющие на качество измельчения

Факторы	Уровень вариации			Интервал вариации
	- 1	0	+ 1	
Частота вращения ножей, $n_{ж}$, мин ⁻¹	400	500	600	100
Вертикальный эксцентриситет расположения диска “ y_e ”, см	35	40	45	5
Горизонтальный эксцентриситет расположения диска “ x_e ”, см	35	40	45	5

Результаты и обсуждение. Лабораторные исследования процесса измельчения корнеплодов, в зависимости от конструктивно-режимных параметров, выполняли с помощью измельчителя, конструкция которого позволяла изменять частоту вращения ножей и диска посредством электродвигателя постоянного тока, взаимное расположение осей ножа и диска, путем перемещения в прорезях раму. Потери сока определяли путем разницы масс корнеплодов до измельчения и после. Начальные конструктивно-режимные параметры были приняты из расчета пропускной способности для малогабаритных измельчителей корнеплодов [14-17].

Экспериментальные данные были получены в результате реализации матрицы планирования ортогонально-композиционного плана типа B_3 [18-20].

Анализ экспериментальных данных позволил определить коэффициенты уравнений регрессии.

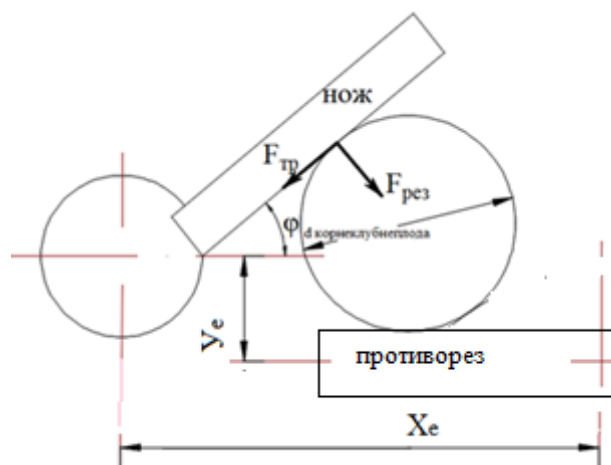


Рисунок 3 – Конструктивно-режимные параметры измельчителя корнеплодов

После подстановки значений коэффициентов регрессии было получено следующее уравнение регрессии. Уравнение регрессии в закодированном виде, характеризующее влияние частоты вращения ножей $n_{ж}$, вертикальный эксцентриситет расположения диска “ y_e ” и горизонтальный эксцентриситет расположения диска “ x_e ” на критерий оптимизации (средневзвешенный размер измельченных частиц) получена следующая модель регрессии:

Уравнение регрессии:

$$y = 11,72 + 0,085x_1 - 0,142x_2 - 0,094x_1x_3 + 0,0508x_1^2 + 0,508x_2^2 + 0,019x_3^2. \quad (1)$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = 0,085 - 0,094x_3 + 0,102x_1 = 0$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = -0,142 + 0,102x_2 = 0 \quad . \quad (2)$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_3} = -0,094x_1 + 0,038x_3 = 0$$

Для использования уравнений (1), (2) в качестве расчетных формул и интерпретации результатов опытов необходимо их преобразовать к именованным величинам, то есть раскодировать [17, 18].

Раскодирование оптимальных значений величин факторов производим согласно таблице 1:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{n - 500}{100} = 0,01n - 5 \\ x_2 &= \frac{x_e - 40}{5} = 0,2x_e - 8, \\ x_3 &= \frac{y_e - 40}{5} = 0,2y_e - 8 \end{aligned} \quad (3)$$

Решив полученную систему уравнений (3) совместно с уравнением (2), находим значения оптимальных конструктивно-режимных параметров очистительного устройства (табл. 2).

Подставив решенное уравнение (2) в зависимость (1) вычисляли коэффициенты физических переменных факторов, в результате которых получены математические модели процесса измельчения корнеплодов в виде функциональных зависимостей качества измельчения от конструктивно-режимных параметров [19, 20].

Качество измельчения определяли по следующей зависимости:

$$\delta_{ост} = \frac{M_{нач} - M}{M_{нач}} * 100\%, \quad (4)$$

где $M_{нач}$ – начальная масса неизмельченных корнеклубнеплодов; M – измельченная масса корнеклубнеплодов.

После раскодирования значимых факторов была получена математическая модель процесса измельчения корнеклубнеплодов в виде функциональных зависимостей качества измельчения от конструктивно-режимных параметров:

$$M = 15,338 - 0,00143n - 0,19096x_e - 0,000184ny_e + 0,0312y_e - 0,00000508n^2 + 0,00203x_e^2 + 0,00076y_e^2 \quad (5)$$

Влияние конструктивно-режимных параметров двухпорного измельчителя на величину остаточной измельченной массы корнеплодов представлено с помощью программы «Excel» в виде поверхности отклика (рисунок 4).

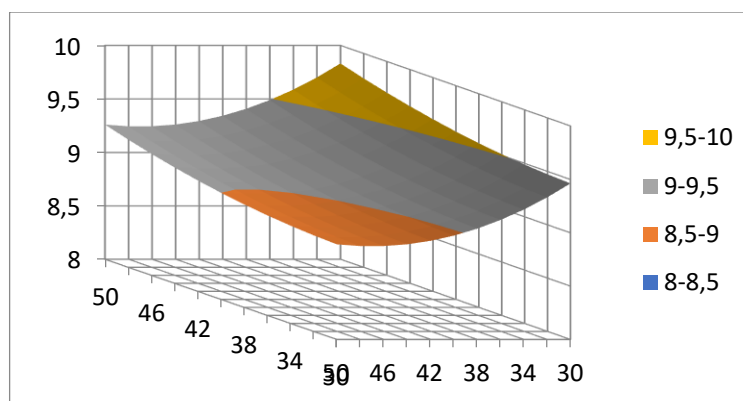


Рисунок 4 – Остаточная масса измельченных корнеклубнеплодов при $n_{ж} = 500$

Анализ зависимостей позволил получить оптимальные значения: частота вращения ножей - 567 мин, горизонтальный эксцентриситет = 47 см, вертикальный эксцентриситет = 32 см.

Таблица 2 – Оптимальные конструктивно-режимные параметры двухпорного измельчителя корнеплодов

Наименование параметров	Обозначение и значение фактора	Раскодированное оптимальное значение	Оптимальное значение критерия оптимизации
Частота вращения ножей, $n_{ж}$, мин ⁻¹	$X_1 = 0,67$	567 мин ⁻¹	13,78%
Вертикальный эксцентриситет расположения “ y_e ”, см	$X_2 = 1,39$	32 см	
Горизонтальный эксцентриситет расположения “ x_e ”, см	$X_3 = 1,63$	47 см	

Анализ полученных поверхностей отклика (рис. 4) позволил определить, что оптимальные значения качества измельчения (потери сока) $\delta_{ост} = 13-14 \%$, промышленный прототип с таким же способом измельчения КПИ-4 составляет 18%, имеют место при частоте вращения ножа в интервале $n_{ж} = 400-600$ мин⁻¹, вертикальный эксцентриситет расположения противореза “ y_e ”=35-45 см, горизонтальный эксцентриситет расположения противореза “ x_e ”=35-45 см.

Выводы. Анализ значимости отдельных эффектов выявил, что статистически значимым эффектом является только взаимное расположение ножей и противорезов. Увеличение и уменьшение частоты вращения ножей, вызывает незначительное снижение значения критерия оптимизации. Изменение величины эксцентриситета в диапазоне от 35 до 45 мм приводит к повышению эффективности измельчения материалов за счет уменьшения излишнего сжатия и изгиба отрезанных частиц.

Оптимальное значение эксцентриситета расположения вращающихся противорезов, относительно оси ножей создают зону резания в виде зажимающего распора. Тем самым корнеплод попадая в зону действия ножей и противорезов подвергается сжатию и резанию.

Предлагаемая конструкция измельчителя корнеплодов, в оптимизированном сочетании взаимного расположения ножей и противорезов, позволит минимизировать обильное сокоотделение и структурное разрушение ломтиков корнеплодов.

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 / 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 технологических решений 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 Sun, J., Li, X., Li, S., Wang, X., & Wang, L. (2021). Design optimization and experiment of four-row potato seedling-cutting machine. Applied Engineering in Agriculture, 37(6), 1155-1167. doi:10.13031/aea.14532

6 Lü, J., Yang, X., Li, Z., Li, J., & Liu, Z. (2020). Design and test of seed potato cutting device with vertical and horizontal knife group. Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 51(8), 89-97. doi: 10.6041/j.issn.1000-1298.2020.08.010

7 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.

8 Moos, J.A., Steel D.D., Kirkpatrick D.C. (2002) - Small-scale mechanical carrot washer for research sample preparation - Applied Engineering in Agriculture, Volume 18, Issue 2, 3/2002, ISSN 0883-8542, Pg. 235-241.

9 Комбинированное устройство для мойки и измельчения корнеплодов Патент №205076 от 25.06.2021 бюл №18 Морозов А. В., Хабарова В.В, Замальдинов М. М., Исаева А. М.

10 Rosenberg H.R., Garrett R.E., Voss R.E., Mitchell D.L. (1990). Labor and Competitive Agricultural Technology in 2010. Journal of Agricultural Economics. -V. 42. - #3, ISSN 1477-955220 - 26.

11 Устройство для измельчения корнеклубнеплодов. Патент №5011 на полезную модель от 05.06.2020. Р.Р.Джапаров.

12 Дусенов М.К. Теоретическое обоснование рабочих органов двухопорного измельчителя корнеклубнеплодов [Текст]: М.К. Дусенов - Уральск: Наука и образование, «Актуальные вопросы развития науки и образования в условиях современных вызовов» Материалы XXII Международной научно-практической конференции 2022 года, № 2 (67) 2022, стр 119-126

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

14 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

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

16 Ковалев С.В. Методика определения энергоёмкости процесса измельчения корнеплодов с использованием ПЭВМ [Текст]: С.В. Ковалев. Материалы XXIII международной научно-производственной конференции «Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее» -

Белгород: Изд-во Белгородского гос. агр. ун-та, 2019. – 142 с.

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

18 Савиных П.А. Определение усилия со стороны ножа при резании с качением корнеклубнеплодов в измельчителе с горизонтальным вращающимся диском [Текст]: П.А. Савиных, А.В. Алешкин, С.Ю. Булатов, Р.А. Смирнов - Вологда: Молочнохозяйственный вестник, 2016, №3 (23). – 62 с.

19 Булатов С.Ю. Результаты экспериментальных исследований по статистике окружающей среды заземления клубня в дисковом измельчителе корнеклубнеплодов [Текст]: С.Ю. Булатов, Р.А. Смирнов – Княгинино: Изд-во Нижегородского гос ун-та, 2018. №18. – 47 с.

20 Нуралин Б. Разработка рыхлительной лапы с дополнительными деформаторами [Текст]: Б. Нуралин, Ш. Махмудова, М. Галиев, Е. Джаналиев, М. Дусенов – Алматы: *Izdenister natigeler*, 2024. вып. 2 (102), – 624 с.

REFERENCES

1 Dusenov M.K. Issledovanie processa ochistki korneklubneplodov rotornoj shchetkoj [Tekst]: M.K. 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 / M.K. 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, Februaru 2018.

3 Vetrov I.YU. Analiz tekhnologicheskikh reshenij 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 Sun, J., Li, X., Li, S., Wang, X., & Wang, L. (2021). Design optimization and experiment of four-row potato seedling-cutting machine. *Applied Engineering in Agriculture*, 37(6), 1155-1167. doi:10.13031/aea.14532

6 Lü, J., Yang, X., Li, Z., Li, J., & Liu, Z. (2020). Design and test of seed potato cutting device with vertical and horizontal knife group. *Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 51(8), 89-97. doi: 10.6041/j.issn.1000-1298.2020.08.010

7 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 – М.:Agrarnaya nauka, 2016. № 1. S. 31.

8 Moos, J.A., Steel D.D., Kirkpatrick D.C. (2002) - Small-scale mechanical carrot washer for research sample preparation - *Applied Engineering in Agriculture*, Volume 18, Issue 2, 3/2002, ISSN 0883-8542, Pg. 235-241.

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

10 Rosenberg H.R., Garrett R.E., Voss R.E., Mitchell D.L. (1990). Labor and Competitive Agricultural Technology in 2010. *Jouornal of Agricultural Economics*. -V. 42. - #3, ISSN 1477-955220 - 26.

11 Ustrojstvo dlya izmel'cheniya korneklubneplodov. Patent №5011 na poleznuyu model' ot 05.06.2020. R.R.Dzhararov.

12 Dusenov M.K. Teoreticheskoe obosnovanie rabochih organov dvuhopornogo izmel'chitelya korneklubneplodov [Tekst]: M.K. Dusenov - Ural'sk: Nauka i obrazovanie, «Aktual'nye voprosy razvitiya nauki i obrazovaniya v usloviyah sovremennykh vyzovov» *Materialy XXII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii 2022 goda*, № 2 (67) 2022, str 119-126

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

14 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

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

16 Kovalev S.V. Metodika opredeleniya energoemkosti processa izmel'cheniya korneplodov s ispol'zovaniem PEVM [Tekst]: S.V. Kovalev. Materialy XXIII mezhdunarodnoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii «Innovacionnye resheniya v agrarnoj nauke – vzglyad v budushchee» - Belgorod: Izd-vo Belgorodskogo gos. agr. un-ta, 2019. – 142 s.

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

18 Savinyh P.A. Opredelenie usiliya so storony nozha pri rezanii s kacheniem korneklubneplodov v izmel'chitele s gorizontal'nym vrashchayushchimsya diskom [Tekst]: P.A. Savinyh, A.V. Aleshkin, S.YU. Bulatov, R.A. Smirnov - Vologda: Molochnohozyajstvennyj vestnik, 2016, №3 (23). – 62 s.

19 Bulatov S.YU. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovanij po statistike okruzhayushchej sredy zashchemleniya klubnya v diskovom izmel'chitele korneklubneplodov [Tekst]: S.YU. Bulatov, R.A. Smirnov – Knyaginino: Izd-vo Nizhegorodskogo gos un-ta, 2018. №18. – 47 s.

20 Nuralin B. Razrabotka ryhlitel'noj lapy s dopolnitel'nymi deformatorami [Tekst]: B. Nuralin, SH. Mahmudova, M. Galiev, E. Dzhanaliev, M. Dusenov – Almaty: Izdenister natigeler, 2024. vyp. 2 (102), – 624 s.

ТҮЙІН

Бұл жұмыста тамыр түйнек дақылдарды екі тірек ұсақтағыштың жұмыс органдарының құрылымдық және режимдік параметрлерін оңтайландыру мәселелері қарастырылады. Бұл ұсақтағышты кесу процесі екі жұмыс пышағының тамыр дақылына бір уақытта әсер етуіне негізделген. Пышақтар мен кескіштердің қарама-қарсы жақтарынан тамыр дақылына әсер еткенде, кесу жолы қысқарады және кесілген элементтердің сынуы болмайды, бұл ұнтақтау кезінде шырынның шығыны азаяды. Мақалада айналмалы пышақтармен және кескіштермен бір уақытта кесу принципі бойынша жұмыс істейтін тамыр дақылдарын ұсақтағыштың сипаттамасы мен жұмыс принципі келтірілген. Құрылымдық-режимдік параметрлерді оңтайландыру бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізу процесі көрсетілген, тамыр дақылдарын ұсақтағыштан кейін қалдық массаны оңтайландыру критерийлері анықталған. Оңтайландыру критерийіне әсер ететін негізгі тәуелсіз және тәуелді факторлар анықталды. Тәуелді факторларға пышақтардың айналу жиілігі және пышақтардың осіне қатысты кескіштің эксцентриситеттері кірді. Эксперименттің ортогональды орталық композициялық жоспарлауын жүзеге асыру арқылы ұсақталған өнімнің оңтайлы массасына құрылымдық-режимдік параметрлерге функционалды тәуелділік түрінде Қос тірек ұсақтағышпен тамыр дақылдарын ұнтақтау процесінің математикалық моделі алынды. Қос тірек ұсақтағышпен тамыр дақылдарын ұнтақтаудың математикалық моделінің графиктерін талдау оңтайлы кесу аймағы Эксцентриситеті бар кескіш пен пышақтың орналасуы болатынын көрсетті. көлденең эксцентриситет = 47 см, тік эксцентриситет = 32 см.

Зерттеу нәтижелері ұсақтағыштың құрылымдық параметрлерін оңтайландыру арқылы тамыр дақылдарының кесектерінің мол шырын бөлінуін және құрылымдық бұзылуын азайтуға болатынын көрсетеді.