

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

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

Кашбаев 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

Сарбалина Б., магистр, <https://orcid.org/0000-0003-3762-8873>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 0900009, Казахстан, rumasa79@mail.ru

Джаналиев Е., кандидат технических наук, <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.dzhanaliev@mail.ru

Dussenov M., 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

Kashbaev 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

Sarbalina B., Master, <https://orcid.org/3762-8873>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan» Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan Republics, rumasa79@mail.ru

Janaliev Y., 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.dzhanaliev@mail.ru

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЛЕДЕНЕЛЫХ КОРНЕПЛОДОВ MECHANICAL CHARACTERISTICS OF ICE-COATED ROOT CROPS

АННОТАЦИЯ

В предложенной статье приведены исследования по определению и влиянию механических характеристик обледенелых корнеплодов, а также конструктивных параметров рабочих органов измельчителя на процесс измельчения.

При измельчении обледенелых корнеплодов наблюдается перекатывание, заклинивание и смятием между рабочими органами, а также повышенная энергоёмкость процесса измельчения продуктов. Исследование механических характеристик обледенелых корнеплодов проводилось для конструктивного решения по выбору рабочих органов измельчителя. По результатам исследований предел прочности составляет 3-4 МПа, в зависимости от вида обледенелого корнеплода, что превышает прочность корнеплодов при закладке на хранение в 1,5-1,8 раза. Усилие резания обледенелых корнеплодов превышало 4 кН/м, что в 2 раза больше чем при обычных условиях резания. Для снижения величины усилия резания обледенелых корнеплодов было изучено отдельно воздействие плоского ножа и отдельно роторного ножа с противорезом с различным углом заточки. Анализ результатов исследований позволило выбрать конструкцию рабочих органов в виде роторного ножа с противорезом для измельчения обледенелых корнеплодов по типу двуопорного резания. Анализ конструктивных параметров позволило определить оптимальный угол заточки ножа и противореза в 30° , при котором усилий на внедрение в поверхность обледенелого каркаса и резании твердо-вязкого слоя обледенелых корнеплодов будут минимальными.

Ключевые слова: обледенелые корнеплоды, усилие резания, механические характеристики, нож, угол заточки, противорез, рабочие органы, измельчение.

ANNOTATION

This article presents studies on the definition and influence of mechanical characteristics of icy root crops, as well as the design parameters of the working parts of the chopper on the chopping process.

When chopping icy root crops, rolling, jamming and crushing between the working parts are observed, as well as increased energy intensity of the product chopping process. The study of the mechanical characteristics of icy root crops was carried out for a design solution for choosing the working parts of the chopper. According to the results of the studies, the tensile strength is 3-4 MPa, depending on the type of icy root crop, which exceeds the strength of root crops when laying for storage by 1.5-1.8 times. The cutting force of icy root crops exceeded 4 kN / m, which is 2 times more than under normal cutting conditions. To reduce the magnitude of the cutting force of icy root crops, the effect of a flat knife and a rotary knife with a counter-cut with different sharpening angles were studied separately. Analysis of the research results allowed to choose the design of the working bodies in the form of a rotary knife with a counter-cutter for crushing icy root crops by the type of double-support cutting. Analysis of the design parameters allowed to determine the optimal sharpening angle of the knife and counter-cutter at 300, at which the efforts to penetrate the surface of the icy frame and cut the hard-viscous layer of icy root crops will be minimal.

Key words: *icy root crops, mechanical characteristics, cutting force, sharpening angle, knife, counter-cutter, working bodies, crushing.*

Введение. Важность корнеплодов в рационе кормов для крупно-рогатого скота заключается в содержании большого количества витаминов, сахара и других элементов, которые необходимы для поддержания протеино-сахарного баланса в рационе сбалансированных кормов, особенно при кормлении грубыми кормами [1].

Для приготовления сбалансированных сочных кормов в стойловое время осенью проводится заготовка корнеплодов. В процесс заготовки корнеплодов входит уборка, транспортировка и закладка на хранение [2].

При закладке на хранение убранные и предварительно очищенные корнеплоды, из-за больших объемов, в большинстве случаев хранятся на открытом воздухе в буртах, кагатах или траншеях. Хранение на открытом воздухе способствует лучшей вентиляции, промерзанию корнеклубнеплодов и вследствие этого меньшему загниванию, чем в закрытых хранилищах. Подмораживание корнеплодов достигается при температуре $-(8-15)^\circ\text{C}$, а оттаивание происходит выше -3°C , что приводит к потере клеточного сока корнеплодов [3].

В зимний период при пониженных температурах из-за наличия воды в составе корнеплодов происходит их промерзание, кристаллизация и обледенение, что требует корректировки технологических процессов при измельчении. Измельчение обледенелых корнеплодов сопровождается их перекачиванием, заклиниванием и смятием между рабочими органами, а также сопровождается повышенной энергоемкостью процесса измельчения продуктов, что приводит к поломкам и простоям измельчителя [4].

Непосредственное измельчение обледенелых корнеплодов сопровождается многократным воздействием рабочих органов на один и тот же продукт, его сжатие и сдавливание, и превращает ее в жидкую массу, при транспортировке которой происходит потери жидкой фракции через технологические зазоры.

На данное время для решения данной проблемы применяют размораживание обледенелых корнеплодов с последующим измельчением оттаивших продуктов. Данный процесс очень трудоемкий, так как для размораживания обледенелых корнеплодов требуется теплое помещение больших размеров с погрузочно-разгрузочным оборудованием, также процесс размораживания требует определенного времени из-за степени промерзания и сопровождается потерей клеточного сока до 10% [4].

Для решения вышеописанных проблем была предложена цель – исследовать процесс измельчения обледенелых корнеплодов для определения прочностных характеристик и оптимизации конструктивных параметров рабочего органа.

Методы исследования. Объектом исследования были определены рабочие органы измельчителей ножи, диски, противорезы и т.д.

Предметом исследования является процесс воздействия рабочих органов на обледенелые корнеплоды.

Исследования проводились на машине для сжатия продуктов с соблюдением зоотехнических требований к измельчаемым продуктам (рисунок 1). Процесс исследования проводился в следующем порядке, в машину погружали опытные образцы и проводили эксперимент с поочередной сменой ножей прямолинейной формы с различным углом заточки, а также с дополнительной установкой противорезов. В опорной части располагали для первого случая упоры

для фиксации продукта, а для второго противорезы с противоположным углом относительно ножей. Данное сочетание прямолинейного ножа роторного типа и неподвижного противореза обеспечивает дуопорное измельчение, что позволяет рабочим органам активно воздействовать на продукт с двух сторон. При одновременном вклинивающем воздействии рабочих органов на продукт снижается эффект перекатывания обледенелого корнеплода по поверхности рабочих органов. Проблема с чрезмерным сжатием обледенелого корнеплода для внедрения ножа, решается путем расчета и подбора угла заточки ножей и противорезов.

Для исследования процесса измельчения обледенелых продуктов необходимо знать их физико-механические свойства, которые изучены лишь частично [5-13]. Физико-механические свойства обледенелых корнеплодов оказывают влияние на усилие резания. Это связано с тем, что физико-механические свойства обледенелых корнеплодов обладают характеристиками, которые влияют на скорость воздействия на продукт и требуют характерных условий, при которых будет происходить резание материала. Также, сопротивление твердо-вязкого материала воздействию рабочих органов зависит от физико-механических свойств обледенелых корнеплодов.

Сам процесс измельчения роторными ножами будет протекать следующим образом: сжатие, внедрение ножа, резание и откалывание элемента. Структура замерзших корнеплодов состоит из обледенелого каркаса, обладающего повышенной твердостью, в зависимости от температуры промерзания и твердо-вязкого наполнителя. Для разрушения обледенелого каркаса корнеплода с повышенной твердостью необходимо ударное воздействие, а для твердо-вязкого наполнителя скользящее резание рабочего органа.

Известна формула по определению усилия резания плоским ножом корнеплодов [14]:

$$F_{рез} = \frac{\delta^2 E}{4 \sin \alpha} (\sin \alpha + 2f \cos \alpha) + qb + \delta E(h - bctg \alpha). \quad (1)$$

Согласно этой формуле усилие резания должно быть больше сил сопротивления по внедрению и продвижению ножа в обледенелом корнеплоде. Это усилие будет зависеть от будет зависеть от геометрических параметров отрезаемого продукта (δ , b , h), модуль упругости продукта (E), угол заточки ножа (α), коэффициент трения (f) и удельного сопротивления продукта резанию (q). Многие параметры изучены и исследованы в работах [14-18]. Исследованию подлежат механические характеристики обледенелых корнеплодов и влияние угла заточки рабочих органов на удельное сопротивление резанию.

Результаты и обсуждения. Экспериментально механические характеристики обледенелых корнеплодов (прочность и относительное сжатие), а также усилие сопротивление на ноже определяли на машине МИМ.2-20 (диапазон нагрузений от 0,00001 до 20 кН, погрешность 0,5%, класс точности 0,5), управление и обработка результатов проводилось через персональный компьютер (рис. 1). Для проведения экспериментальных исследований из хранилища на открытом воздухе была отобрана партия корнеплодов из трех мест, при среднесуточной температуре в хранилище -10°C . Согласно методике проведения экспериментов по определению механических характеристик отобранные корнеплоды подверглись предварительной очистке от загрязнений [19, 22]. Было проведено размерное и весовое измерения для проведения дальнейших расчетов, и разбивка их по соответствующим группам. Отобранные и очищенные корнеплоды подвергли одноосному сжатию с трехкратной повторностью для каждой группы корнеплодов. Исследования по определению усилия резания проводили для прямолинейного ножа и для ножа с противорезом, как описано в раздкле методы исследований. Обработка полученных материалов исследований проводилась по известной методике проведения экспериментов [13]. Результаты исследований приведены в таблице 1 и 2.



Рисунок 1 – Машина для измерения усилия резания обледенелых корнеплодов

Таблица 1 – Механические свойства обледенелых корнеплодов при одноосном сжатии

№	Корнеплод	Предел прочности, Н/мм ²	Относительное сжатие, %
1	Кормовая свекла	3,4-3,8	22-26
2	Морковь	4,2-4,5	25-28
3	Картофель	2,6-3,0	20-22

Таблица 2 – Удельное сопротивление обледенелых корнеплодов резанию, кН/м

№	Корнеплод	Одним ножом			Нож+противорез		
		20 ⁰	30 ⁰	40 ⁰	20 ⁰	30 ⁰	40 ⁰
1	Кормовая свекла	4,1	3,9	3,8	3,25	2,85	2,55
2	Морковь	4,0	3,9	3,7	3,8	3,2	2,8
3	Картофель	3,6	3,3	3,2	2,65	2,25	2,12

Результаты экспериментальных исследований по поредению механических характеристик и удельного сопротивления резанию приведены на графиках (рис. 2, 3).

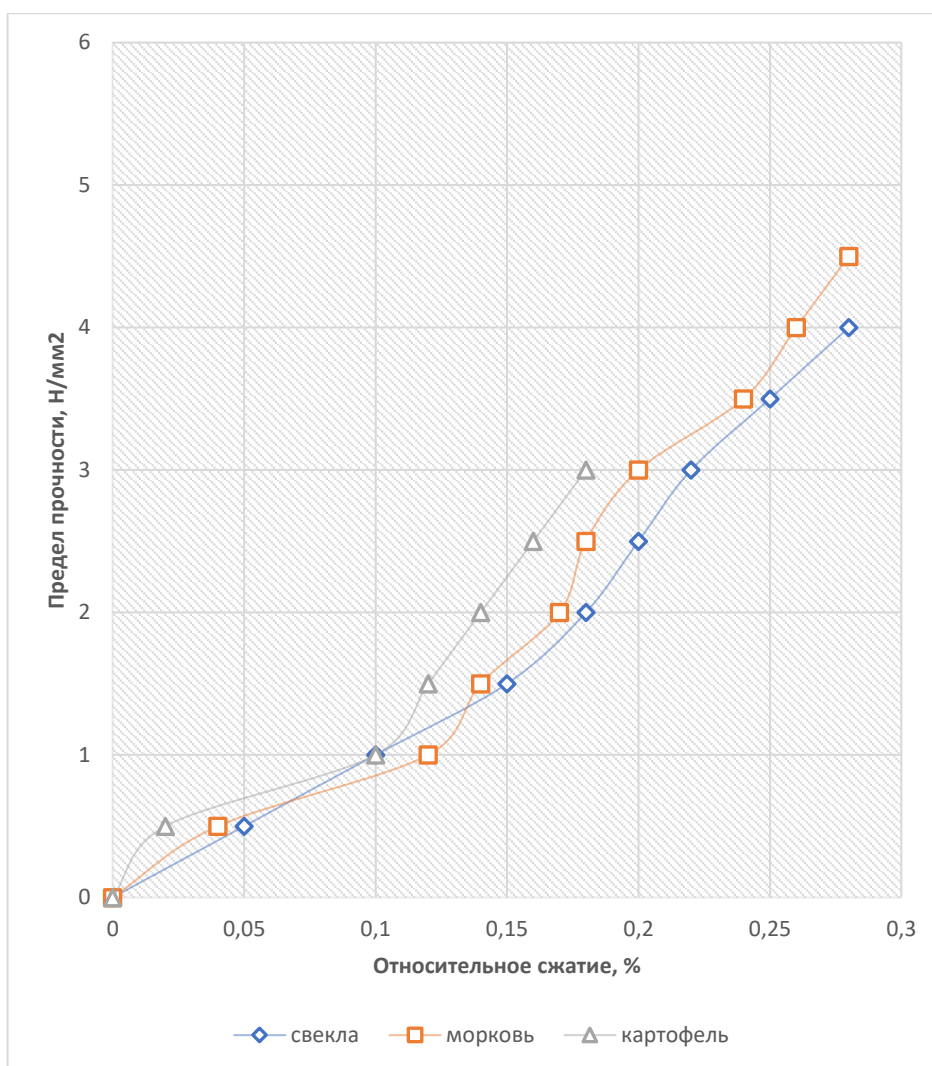


Рисунок 2 – Предел прочности в зависимости от относительного сжатия обледенелых корнеплодов

Анализ зависимости предела прочности при сжатии материала (рис.2) показал, что характер диаграммы сжатия обледенелых корнеплодов показывает на хрупкость материала из-за обледенелого каркаса, которая не деформирует и отклонение от первоначальной формы незначительна, поверхность разрушения имеет сколы с углом 40° по направлению сжимающих сил. Разрушение материала происходит при преодолении предела прочности, который находится в пределах 3-4 МПа в зависимости от вида обледенелого корнеплода, что превышает прочность корнеплодов при закладке на хранение в 1,5-1,8 раза. Предел прочности обледенелых корнеплодов в 3-4 МПа ведет к увеличению энергоемкости процесса измельчения.

Для снижения энергоемкости процесса измельчения корнеплодов применяют различные конструкции рабочих органов. В нашем случае для измельчения обледенелых корнеплодов проводили исследование для прямолинейного ножа и для ножа с противорезом, с различным углом заточки.

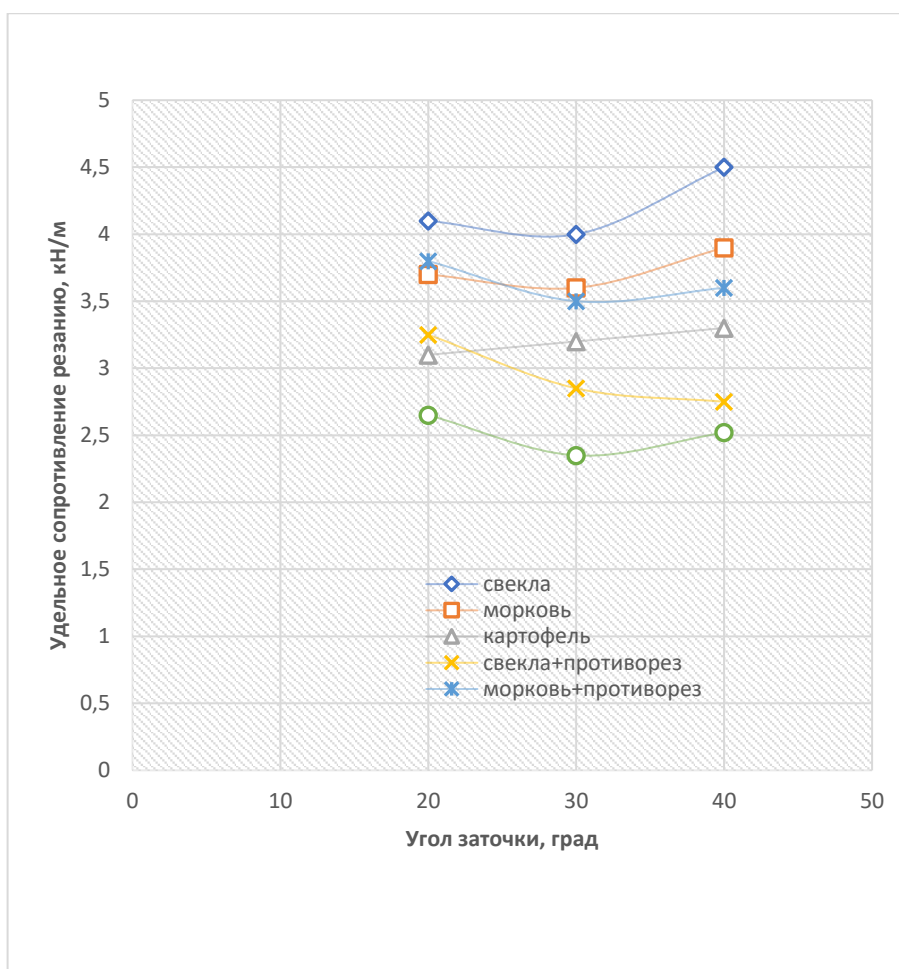


Рисунок 3 – Удельное сопротивление резанию в зависимости от угла заточки ножей

Анализируя зависимость удельного сопротивления резанию от угла заточки (рис. 3) мы видим, что при резании плоским ножом без противореза при увеличении угла заточки от 20° до 30° удельное сопротивление резанию ножа снижается с 4,2 кН/м до 3,8, а при увеличении свыше 30° возрастает на 8-12%. При резании плоским ножом с противорезом увеличении угла заточки до 38° удельное сопротивление резанию ножа снижается на 12-16% с 3,3 до 2,6 кН/м. Дальнейшую тенденцию на уменьшение энергоемкости процесса измельчения при применении двуопорного измельчения нож+противорез можно путем оптимизации конструктивно-режимных параметров.

Анализ зависимости силы резания от угла заточки и сочетания нож+противорез показывает, что оптимальными значениями являются угол заточки равным 30°, так как угол в 20° создает большую площадь и чрезмерные усилия, угол в 40° создает меньшее усилие на внедрение в продукт, но вызывает большие усилия на деформацию отрезаемого слоя.

Заключение

1. На основании проведенных исследований с учетом механических характеристик определено, что обледенелые корнеплоды требуют больших усилий на резание продукта из-за его обледенелости и предел прочности составляет 3-4 МПа в зависимости от вида обледенелого корнеплода.

2. Исследование применяемых рабочих органов при измельчении обледенелых корнеплодов позволило сделать выбор на двуопорном измельчении, в котором используется сочетание прямолинейного ножа и противореза, обеспечивающего снижение удельного сопротивления резанию за счет встречного движения лезвий ножа и противореза.

3. Оптимальным конструктивным параметром рабочих органов ножа и противореза является угол заточки в 30°, так как при данном угле требуется меньше усилий на внедрение в поверхность и резании обледенелых корнеплодов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дусенов, М.К. Обоснование конструктивных параметров рабочих органов измельчителя корнеплодов при низких температурах / М.К. Дусенов // Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің ХАБАРШЫСЫ. Ауыл шаруашылығы ғылымдары сериясы. – 2025. -№1 (72), С. 357-365
- 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 Кольцов, С. М. Исследование вопроса потери стекломассы при хранении сахарной свеклы в кагате / С. М. Кольцов // Наука и Образование. – 2021. – Т. 4, № 2.
- 4 Юхин, Г.П. Измельчение корнеплодов при отрицательной температуре / Г.П. Юхин, Д.С. Чураев // Известия ОГАУ. 2012. №1-1.
- 5 Antonov, N.M. Influence of a zigzagging location of the knives in the cutting unit on the energy consumption during the cutting process of horticultural produce / N.M. Antonov, N.I. Lebed, A.M. Makarov // Journal of Food Process Engineering. - 2015 - 38(3), pp. 262–270
- 6 Ковалёв, М.М. Физико-механические и технологические свойства сельскохозяйственных материалов. Технологии и энергоёмкость процессов : учебное пособие / М. М. Ковалёв, В. В. Голубев, А. В. Кудрявцев [и др.]. // Тверь : Тверская ГСХА, 2023. — 192 с.
- 7 Shukhanov, S.N. Determination of the optimal incline angle of the incision of the cutting machine of the tuber grinder of potatoes / S.N. Shukhanov, N.I. Ovchinnikova, A.V. Kosareva, A.C. Dorzhiev. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science – 2020 - 548(5).
- 8 Zavrazhnov, A. I. Mathematical modeling of the temperature regime in a ventilated pile of sugar beet / A. I. Zavrazhnov, N. V. Zuglenok, A. A. Zavrazhnov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, Russia, 31 июля 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 919. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 62067. – DOI 10.1088/1757-899X/919/6/062067.
- 9 Завражных, А. И. Обоснование и разработка технологии хранения сахарной свёклы в кагатах в условиях Центрально-Чернозёмного региона / А. И. Завражных, С. М. Кольцов // Сахар. – 2020. – № 1. – С. 38-44. – EDN CPOIQE.
- 10 Нуралин, Б., Галиев, М., Сагиров, А., Джаналиев, Е. и Абдибай, К. 2024. ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО - МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ПОЧВ. *Gylym žāne bilim*. 2, 1(74) (мар. 2024), 219–232. DOI:<https://doi.org/10.52578/2305-9397-2024-1-2-219-232.1>
- 11 Ayugin, N.P. Development of a root crop grinder / N. P. Ayugin [and etc.]// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2021. - № 723(3). doi:10.1088/1755-1315/723/3/032098.
- 12 Брусенков, А. В. Разработка, проектирование и расчет параметров роторного измельчителя корнеплодов / А. В. Брусенков, Д. Н. Коновалов // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 12. – С. 971-974.
- 13 Устройство для измельчения и определения содержания льда в замороженных морепродуктах. Патент CN №106841543В на изобретение от 12.07.2018. Хуан Лиин, Гу Цзе, Чжан Юэсин, Цзоу Юань, Лу Цян.
- 14 Дусенов, М.К. Теоретическое обоснование рабочих органов двухопорного измельчителя корнеклубнеплодов / 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, стр 119-126, DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-181-191
- 15 Svintsova, O.N. Improving the technical device for washing root-and-tuber crops / O.N. Svintsova, S.N. Shukhanov, V.N. Khabardin // Tractors and Agricultural Machinery, 91 (1), - 2024 - pp. 39 - 44,
- 16 Загоруйко, М.Г. Обоснование параметров рабочего органа измельчителя корнеклубнеплодов / М. Г. Загоруйко, В. В. Васильчиков, Ю. В. Катаев, А. К. Мамахай // Агроинженерия. – 2021. – № 3(103). – С. 42-48. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-3-42-48.
- 17 Frolov, V.Y. Theoretical aspects of the working process of a press extruder with a variable step auger for preparation of concentrated feed / V.Y. Frolov, E.A. Kotelevskaya, M.I. Tumanova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and

Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 52003. DOI: 10.1088/1755-1315/548/5/052003

18. Tumanova, M.I. Theoretical and experimental aspects of studying the disc working body of the feed chopper [Текст] / M.I. Tumanova, E.A. Kotelevskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2021. -№ 839(4). – С. 042032.

19 Шуханов, С. Н., Доржиев А. С. Планирование и методика проведения экспериментальных исследований измельчителя корнеклубнеплодов / С. Н. Шуханов, А. С. Доржиев // Вестник НГИЭИ. 2021. No 3 (118). С. 5–23.

20 Iskakov, R.M. Impact elements of feed grinder: a review. / R.M. Iskakov, S. Issenov, G. Kubentaeva // EUREKA: Physics and Engineering, 2023, (2), 121-148. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002820>.

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

22 Zhang, Y. Design and test of stalk chopping and conveying device for corn combine reaping both stalk and spike / Y. Zhang [and etc.] // Nongye Jixie Xuebao / Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. -2016. -№ 47. - P.208-218

REFERENCES

1 Dussenov, M.K. Obosnovanie konstruktivnyh parametrov rabochih organov izmel'chitelya korneplodov pri nizkih temperaturah / M.K. Dussenov // Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің HABARSHYSY. Ауыл шаруашылығы ғылымдары сериасы. – 2025. -№1 (72), S. 357-365

2 Dussenov, M.K. Constructive-regime parameters of rotor-brush cleaner for tuberous roots dry cleaning / M.K. Dussenov, 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 Kol'cov, S. M. Issledovanie voprosa poteri sveklomassy pri hranenii saharnoj svekly v kagate / S. M. Kol'cov // Nauka i Obrazovanie. – 2021. – Т. 4, № 2.

4 YUhin, G.P. Izmel'chenie korneplodov pri otricatel'noj temperature / G.P. YUhin, D.S. CHuraev // Izvestiya OGAU. 2012. №1-1.

5 Antonov, N.M. Influence of a zigzagging location of the knives in the cutting unit on the energy consumption during the cutting process of horticultural produce / N.M. Antonov, N.I. Lebed, A.M. Makarov // Journal of Food Process Engineering. - 2015 - 38(3), pp. 262–270

6 Kovalyov, M.M. Fiziko-mekhanicheskie i tekhnologicheskie svoystva sel'skohozyajstvennyh materialov. Tekhnologii i energoyomkost' processov : uchebnoe posobie / M. M. Kovalyov, V. V. Golubev, A. V. Kudryavcev [i dr.]. // Tver' : Tverskaya GSKHA, 2023. — 192 s.

7 Shukhanov, S.N. Determination of the optimal incline angle of the incision of the cutting machine of the tuber grinder of potatoes / S.N. Shukhanov, N.I. Ovchinnikova, A.V. Kosareva, A.C. Dorzhiev. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science – 2020 - 548(5).

8 Zavrazhnov, A. I. Mathematical modeling of the temperature regime in a ventilated pile of sugar beet / A. I. Zavrazhnov, N. V. Zuglenok, A. A. Zavrazhnov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, Russia, 31 iyulya 2020 goda / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 919. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 62067. – DOI 10.1088/1757-899X/919/6/062067.

9 Zavrazhnov, A. I. Obosnovanie i razrabotka tekhnologii hraneniya saharnoj svyokly v kagatah v usloviyah Central'no-Chernozyomnogo regiona / A. I. Zavrazhnov, S. M. Kol'cov // Sahar. – 2020. – № 1. – S. 38-44. – EDN CPOIQE.

10 Nuralin, B., Galiev, M., Sagirov, A., Dzhanaliev, E. i Abdibaj, K. 2024. IZUCHENIE FIZIKO - MEKHANICHESKIH SVOJSTV I ENERGOEMKOSTI RAZRUSHENIYA TYAZHELYH POCHV. Gylym žāne bilim. 2, 1(74) (mar. 2024), 219–232. DOI:<https://doi.org/10.52578/2305-9397-2024-1-2-219-232.1>

11 Ayugin, N.P. Development of a root crop grinder / N. P. Ayugin [and etc.]// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2021. - № 723(3). doi:10.1088/1755-1315/723/3/032098.

12 Brusenkov, A. V. Razrabotka, proektirovanie i raschet parametrov rotornogo izmel'chitelya korneplodov / A. V. Brusenkov, D. N. Konovalov // Vestnik mashinostroeniya. – 2023. – T. 102, № 12. – S. 971-974.

13 Ustrojstvo dlya izmel'cheniya i opredeleniya sodержaniya l'da v zamorozhennyh moreproduktah. Patent SN №106841543B na izobretenie ot 12.07.2018. Huan Liin, Gu Cze, CHzhan YUesin, Czou YUan', Lu Cyan.

14 Dusenov, M.K. Teoreticheskoe obosnovanie rabochih organov duhopornogo izmel'chitelya korneklubneplodov / M.K. Dusenov // Ural'sk: Nauka i obrazovanie, «Aktual'nye voprosy razvitiya nauki i obrazovaniya v usloviyah sovremennyh vyzovov» Materialy XXII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii 2022 goda, № 2, str 119-126, DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-181-191

15 Svintsova, O.N. Improving the technical device for washing root-and-tuber crops / O.N. Svintsova. S.N. Shukhanov, V.N. Khabardin // Tractors and Agricultural Machinery, 91 (1), - 2024 - pp. 39 - 44,

16 Zagorujko, M.G. Obosnovanie parametrov rabocheho organa izmel'chitelya korneklubneplodov / M. G. Zagorujko, V. V. Vasil'chikov, YU. V. Kataev, A. K. Mamahaj // Agroiuzheniya. – 2021. – № 3(103). – S. 42-48. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-3-42-48.

17 Frolov, V.Y. Theoretical aspects of the working process of a press extruder with a variable step auger for preparation of concentrated feed / V.Y. Frolov, E.A. Kotelevskaya, M.I. Tumanova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 52003. DOI: 10.1088/1755-1315/548/5/052003

18. Tumanova, M.I. Theoretical and experimental aspects of studying the disc working body of the feed chopper [Tekst] / M.I. Tumanova, E.A. Kotelevskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2021. -№ 839(4). – C. 042032.

19 SHuhanov, S. N., Dorzhiev A. S. Planirovanie i metodika provedeniya eksperimental'nyh issledovaniy izmel'chitelya korneklubneplodov / S. N. SHuhanov, A. S. Dorzhiev // Vestnik NGIEI. 2021. No 3 (118). S. 5–23.

20 Iskakov, R.M. Impact elements of feed grinder: a review. / R.M. Iskakov, S. Issenov, G. Kubentaeva // EUREKA: Physics and Engineering, 2023, (2), 121-148. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002820>.

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

22 Zhang, Y. Design and test of stalk chopping and conveying device for corn combine reaping both stalk and spike / Y. Zhang [and etc.] // Nongye Jixie Xuebao / Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. -2016. -№ 47. - P.208-218

ТҮЙІН

Бұл мақалада мұз қабылған тамыр дақылдарының механикалық сипаттамаларының анықтамасы мен әсері, сондай-ақ ұсақтағыштың жұмыс бөліктерінің кесу процесіне конструктивтік параметрлері туралы зерттеулер берілген.

Мұз қабылған тамыр дақылдарын ұсақтау кезінде жұмыс бөліктерінің арасында домалау, кептелу және жаншылу байқалады, сонымен қатар ұсақтау процесінің энергия шығыны артады. Мұз қабылған тамыр дақылдарының механикалық сипаттамаларын зерттеу ұсақтағыштың жұмыс бөліктерін таңдаудың конструктивтік шешімін әзірлеу үшін жүргізілді. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша созылу беріктігі мұз қабылған тамыр дақылдарының түріне байланысты 3-4 МПа, ол сақтаған кезде тамыр дақылдарының беріктігінен 1,5-1,8 есе асып түседі. Мұз қабылған тамыр дақылдарының кесу күші 4 кН/м-ден асты, бұл қалыпты кесу жағдайындағыдан 2 есе артық. Мұз қабылған тамыр дақылдарына қажетті кесу күшін азайту үшін әртүрлі қайрау бұрыштары бар тегіс пышақ және роторлы пышақ пен қарсы кескіштің әсері бөлек зерттелді. Зерттеу нәтижелерін талдау қос тірек кесу түрін пайдалана отырып, мұз қабылған тамыр дақылдарын кесуге арналған роторлы пышақ пен қарсы кескіштің түріндегі жұмыс элементтерінің конструкциясын таңдауға мүмкіндік берді. Конструкциялық параметрлерді талдау пышақ пен қарсы кескіштің оңтайлы қайрау бұрышын 30⁰-де анықтауға мүмкіндік берді, бұл кезде мұзды жақтаудың бетіне ену және мұз қабылған тамыр дақылдарының қатты-тұтқыр қабатын кесу әрекеттері аз болады.