

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени К.И. СКРЯБИНА**

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Б.Н. ЕЛЬЦИНА**

Диссертационный совет Д 05.16.536

**На правах рукописи
УДК: 631.361.85.342.4**

Нуров Бахриддин Зайдулович

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РАЗРАБОТКА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ
КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ С БЕСФАСКОВЫМИ НОЖАМИ**

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Бишкек – 2017

Работа выполнена в Таджикском аграрном университете им. Ш. Шотемура на кафедре «Сельскохозяйственные машины и механизация переработки продуктов»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Ахмадов Бахромжон Раджабович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Омаров Рашит Абдыгаравович

кандидат технических наук, доцент
Нариев Замирбек Абдиевич

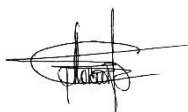
Ведущая организация: **Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры имени Н. Исанова, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 346**

Защита состоится 12 мая 2017 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.16.536 по присуждению ученой степени доктора (кандидата) технических наук при Кыргызском национальном аграрном университете им. К.И. Скрябина и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Н. Ельцина по адресу: 720005, г. Бишкек, ул. Медерова, 68, тел.: (996 312) 545-210, 540-548, факс: (996 312) 540-545, E-mail: knau-info@mail.ru, www.knau.kg.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина.

Автореферат диссертации разослан «__» «_____» 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного
совета Д 05.16.536,
к.т.н., доцент



Токтоналиев, Б.С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Республика Таджикистан является агропромышленным регионом, где удельный вес производства валовой продукции АПК в общем комплексе страны занимает более одной трети. Однако качественной конкурентоспособной продукции отечественного животноводства на внутреннем рынке на сегодня не хватает.

Поэтому одним из условий, поставленных Правительством Республики Таджикистан, является улучшение жизни населения путём снижения темпов инфляции, обеспечения населения рабочими местами, снижения цен на продукты питания, через развитие отрасли АПК вообще и животноводства, в частности за счёт разработки и внедрения научно-обоснованных технологий и средств механизации и автоматизации. Для этого требуется разработка системы мер по определению основных направлений развития сельского хозяйства совместно с перерабатывающей отраслью, а также новые концепции и программы развития рыночных отношений в области, базирующиеся на результатах научных исследований и анализе отечественного и зарубежного опыта. Успешное решение проблемы АПК по реализации продовольственной программы Республики Таджикистан, предусматривает одновременное решение несколько основных, комплексных взаимосвязанных задач:

- увеличить производство сельскохозяйственной продукции до уровня полного удовлетворения потребностей в них населения и промышленности Республики Таджикистан;
- обеспечить население Республики Таджикистан собственными экологически чистыми конкурентоспособными продуктами вместо поставляемых по импорту, суррогатных;
- объединить крупные и средние животноводческие комплексы и фермы с предприятиями частного сектора, с перерабатывающими отраслями, обеспечить возможность ввода инноваций и индустриальную основу в животноводстве и культуру переработки сырья, гарантировать доход, т.е. подчинить их деятельность общей конечной цели - улучшения снабжения населения высококачественными продуктами.

Связь темы диссертации с основными НИР: Работа выполнялась с 2003года в Таджикском аграрном университете им. Ш. Шотемура на кафедре «Сельскохозяйственные машины и механизация переработки продуктов». Актуальность работы подтверждается включением её в тему НИР Таджикского аграрного университета на 2010-2015гг.

Цель работы - повышение эффективности использования измельчителя корнеклубнеплодов для подготовки кормов животным, путём совершенствования конструктивно–режимных параметров многофункционального измельчающего рабочего органа.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- изучить влияние физико-механических свойств корнеклубнеплодов на режущую способность рабочего органа;

- выполнить теоретические исследования процесса измельчения корнеклубнеплодов, вывести формулы для определения режимов работы измельчителя;
- провести экспериментальные исследования процесса измельчения корнеклубнеплодов измельчителем с бесфасковыми ножами;
- обосновать зоотехнические требования к машинам для измельчения корнеклубнеплодов;
- обосновать критерии оценки качества измельченных частиц корнеклубнеплодов;
- провести производственные испытания и определить экономическую эффективность предлагаемого multifunctional измельчителя.

Объект исследования – измельчитель корнеклубнеплодов с различными компоновочными схемами размещения бесфасковых ножей.

Предметом исследования послужили закономерности, устанавливающие зависимости технологического процесса подачи корнеплодов и подготовки кормов животным с учетом их количественных характеристик и свойств от параметров измельчителя.

Научная новизна: Разработаны методики количественной оценки качества процесса измельчения корнеклубнеплодов с применением бесфасковых ножей, дана уточненная классификация измельчителей, позволяющая выбрать новое направление по совершенствованию измельчителей корнеклубнеплодов. Получены аналитические выражения, обобщающие свойства корнеклубнеплодов и параметры измельчителя.

Положения, выносимые на защиту:

- конструктивно-технологическая схема измельчителя корнеклубнеплодов;
- уточненная классификация измельчителей корнеклубнеплодов;
- аналитические зависимости для оптимизации конструктивно-режимных параметров измельчителя, полученные на основе теоретических исследований процесса измельчения корнеплодов и отделения от них инородных включений;
- результаты экспериментальных исследований по проверке предлагаемых теоретических положений и оптимальных конструктивно-режимных параметров измельчителя корнеплодов;
- результаты технико-экономической эффективности экспериментальной машины.

Практическая значимость: Результаты исследований могут быть использованы проектно-конструкторскими организациями при разработке и совершенствованию измельчителя корнеклубнеплодов. Предлагаемый измельчитель с бесфасковыми ножами проверен в производственных условиях ООО «Дурахшон-2011» и внедрен в хозяйствах Таджикистана.

Опытные образцы измельчителя корнеклубнеплодов проходили производственные испытания в хозяйстве «Кенча Назир» Турсунзаевского района Республики Таджикистан.

Экономическая значимость: Годовой экономический эффект от использования качественных кормов, приготовленных на

ресурсосберегающем измельчителе достигает 4646,9 сомони (46 тыс. сомов), окупаемость машины не более одного года.

Апробация: Основные положения диссертационной работы доложены и одобрены на ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов и научных сотрудников Таджикского аграрного университета в 2012-2014 г.

Личный вклад соискателя заключается в разработке, теоретическом, конструктивном и экспериментальном обосновании предложенной конструкции измельчителя корнеклубнеплодов с бесфасковыми ножами.

Публикации: по материалам диссертации опубликованы 15 работ, из них 4 в изданиях зарубежных РИНЦ, 1 в издании РИНЦ Кыргызской Республики.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, общих выводов, списка литературы и приложений. Изложена на 143 страницах компьютерного текста, содержит 14 таблиц, 34 рисунков, 11 приложений и список литературы из 88 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, положения выносимые на защиту, практическая ценность, указана структура и объем диссертации.

В разделе 1 «Состояние вопроса и задачи исследования» дан анализ проблем при производстве кормов из корнеклубнеплодов и технико-экономическая оценка значения корнеклубнеплодов в производстве животноводческой продукции.

В последние годы, в результате постепенного укрепления материально-технической базы хозяйств Республики Таджикистан с разными социальными укладами, совершенствования системы заготовок, дальнейшей дифференциации закупочных цен, несколько улучшилось качество местной продукции животноводства путем увеличения удельного веса сочных кормов в рационах животных, в том числе сахарной свеклы, которые наметили увеличение убойной массы и упитанности животных.

Предложена классификация существующих измельчителей по следующим признакам: по виду использования, по выполняемым технологическим операциям, по принципу действия и по конструкции измельчающего органа. В классификации предложен новый тип измельчителя с бесфасковыми ножами.

Отмечено, что процесс измельчения в технологии переработки корнеклубнеплодов является одним из ключевых и позволяет повышать производительность труда, снизить расход энергии и облегчить отделение кормовых примесей.

Изучением процесса приготовления корма занимались Голиков В.А., Коба В.Г., Овчинников А.А., Литвинов В.Н., Лифатов В.Б., Свистунов И.М., Мельников С.В., Кукта Г.М., Резник И.Е., Славин Р.М. и другие.

В разделе 2 «Теоретические предпосылки» обосновываются оценочные показатели машин для измельчения корнеклубнеплодов со средней

производительности и средней удельной мощности. Наибольшее место в исследованиях измельчителей корнеклубнеплодов отводится эксперименту, но критерий оптимизации процесса, как правило, не обосновывается, а берётся из ранее известных работ наиболее понятных потребителю. Так как нами поставлена цель повышение эффективности работы многофункционального измельчителя, то и критерий оптимизации процесса принято объединяющим многие факторы воздействия на корнеклубнеплод и факторы, оценивающие конечный продукт (ломтики, стружка, кубики, палочки и т.д.) и он представляет связующее звено в математической модели типа:

$$\eta = f(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (1)$$

где η – критерий оптимизации оценки объекта;
 X_1, X_2, \dots, X_n – зависимые переменные факторы технологического процесса.

Самым распространённым критерием оценки технологических процессов выступают приведенные затраты, но затраты живого труда в процессе разработки проекта оценить очень трудно. Для упрощения результатов исследования, сокращения расчётов, выберем один (два) критерий оптимизации, который бы имел ясный физический смысл и являлся бы совокупной и исчерпывающей характеристикой конечного продукта.

По аналогии с исследователями молотковых дробилок, предложенных С.В. Мельниковым и Е.И. Резником, принимаем за критерий оптимизации \mathcal{E} – величину энергозатрат, отнесённую к единице степени измельчения в виде математического выражения:

$$\mathcal{E} = \frac{3,6 N_{\text{сyt}}}{Q \lambda}, \quad (2)$$

где $N_{\text{сyt}}$ – мощность, затраченная на измельчение материала, кВт;

Q – подача материала в дробилку, кг/с;

λ – степень измельчения материала;

\mathcal{E} – энергоёмкость процесса измельчения, кВт.ч/т.

Этот критерий не оценивает качество получаемого конечного продукта, а принимает среднее значение помолы, что экономически неправомерно и не ориентирует исследователя на оптимизацию процесса.

Нами принят на исследование измельчитель-отделитель механических включений основного потока. Фактор отделения камней в данном выражении неучтён. Не отражены в нём и потери питательных веществ в виде сока и мезги. В связи с тем, что нами предлагается критерий, показывающий качество измельчения, в соответствии с зоотехническими требованиями, то мы его ввели в следующее выражение.

Критерий показателя качества измельчения по фракционному составу рекомендуем определять по выражению:

$$K_{\Phi} = \frac{S_G \sum_{i_1}^{i_2} G_1}{S_0 \sum G_m}, \quad (3)$$

где S_G - допустимое отклонение среднего заданного размера;

S_0 - среднее квадратическое отклонение среднего заданного размера;

$\sum_{i_1}^{i_2} G_1$ - суммарная масса фракций заданного размера;

$\sum G_m$ - масса пробы продукта.

Критерий потери массы корма K_m или питательных веществ K_n (усвояемости) определяли как соотношение:

$$K_m = \left(\frac{G_1 - G_2}{G_1} \right) 100\%, \quad K_n = \left(\frac{G_1 g_1 - G_2 g_2}{G_1 g_1} \right) 100\% \quad (4)$$

где G_1 - масса пробы до измельчения, кг;

G_2 - масса пробы после измельчения, кг;

g_1, g_2 - содержание питательных (усвоенных) веществ в единице массы корнеплодов до и после обработки, корм. ед./кг.

Критерий качественного отделения механических примесей K_o определяли по отношению массы примесей в исходном продукте и в готовом корме. Её можно выражать в процентах или в относительной величине по уравнению:

$$K_o = \left(\frac{G_3 - G_4}{G_3} \right) 100\%, \quad (5)$$

где G_3 - содержание механических примесей в исходной массе, кг;

G_4 - содержание выделенных механических примесей из продукта, кг.

Качество подготовленного измельченного корма оценивается обобщённым критерием оценки качества готовности корма K_r :

$$K_r = \frac{K_{\Phi} - K_o}{K_n} \quad (6)$$

На основании изложенного, для оценки работы измельчителя – отделителя механических примесей, за критерий оптимизации принят обобщённый показатель оценки качества работы машины η_m :

$$\eta_m = \frac{g}{K_r}, \quad (7)$$

где g – удельные затраты энергии, определяемые по выражению

$$g = \frac{N}{Q_1}, \quad (8)$$

где N – мощность на привод измельчителя, кВт;

Q_1 - производительность измельчителя-отделителя механических примесей по подготовленному корму по зоотехнически установленным нормам, кг/с (т/ч).

Подставляя в уравнение (7) соответствующие значения составляющих, получим развернутый критерий обобщённых показателей оценки качества работы машины η_m :

$$\eta_m = \frac{N S_0 \sum G_i (G_1 - G_2) (G_3 - G_4)}{Q_1 S_G \sum_{i=1}^{i_2} G_i G_1 G_2 G_3} \rightarrow \min \quad (9)$$

Данный критерий η_m даёт оценку работы измельчителя-отделителя механических примесей с учётом произведённого качества стружки, потерь кормов и затрат энергии в пересчёте на единицу затраченной энергии.

Для оценки качества поверхности подготовленного корма примем шероховатость и по аналогии с машиностроительными терминами, введём следующие параметры поверхности среза измельчённого продукта (рис. 1):

- R_a – среднее арифметическое отклонение профиля;
- R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам;
- R_{\max} – наибольшая высота профиля;
- S – средний шаг неровностей профиля по вершинам;
- S_m – средний шаг неровностей профиля по средней линии;
- t_p – относительная опорная длина профиля.

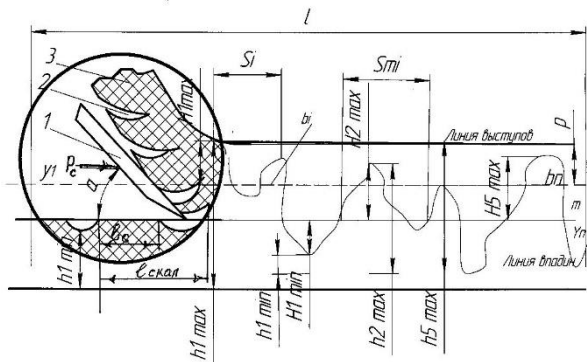


Рис. 1. К теории определения качества подготовленного продукта измельчением корнеклубнеплода: 1 – режущий нож, 2 – место разрыва стружки, 3 – стружка. P_c – сила сжатия, α – угол резания, ℓ_c – путь сжатия, $\ell_{\text{скал}}$ – путь скалывания.

Базой для отсчёта высоты выступов и впадин неровностей приняли среднюю линию профиля в пределах базовой длины L . Расстояние от максимального верхнего выступа до максимального нижнего углубления определяет наибольшую высоту неровности профиля R_{\max} .

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a определяется как среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины

$$R_a = \frac{1}{\ell} \int_0^1 [y(x)] dx \text{ или приближенно } R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y] \quad (10)$$

Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z равна средней арифметической суммы абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов H_{\min} и пяти наибольших максимумов H_{\max} профиля в пределах базовой длины

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 [H_{i\max}] + \sum_{i=1}^5 [H_{i\min}] \right), \quad (11)$$

Вместо средней линии, имеющей форму отрезка прямой, определяют расстояние от высших точек пяти наибольших максимумов $h_{i\max}$ и низших точек пяти наибольших минимумов $h_{i\min}$ до линии, параллельной средней и не пересекающей профиль. Тогда

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 h_{i\max} - \sum_{i=1}^5 h_{i\min} \right) \quad (12)$$

Средний шаг неровностей S вычисляют как среднеарифметическое значение шага неровностей S_{\min} в пределах базовой линии

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S m_i \quad (13)$$

Средний шаг неровностей профиля по вершинам S – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам S_i в пределах базовой линии:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i. \quad (14)$$

Под опорной длиной профиля η_p понимают сумму длин отрезков в пределах базовой длины, отсекаемых на заданном уровне в материале выступов профиля линий, эквидистантной средней линии.

Относительная опорная длина профиля t_p определяется как отношение опорной линии профиля η_p к базовой длине:

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_{pi} \quad (15)$$

Требование к шероховатости поверхности рекомендуем устанавливать технологом по производству кормов, учитывающему целесообразность с точки зрения затрат энергии, потерь сока и времени хранения готового

продукта. Чем меньших размеров стружка, тем поверхность её должна быть менее шероховатой, т.е. меньше деформироваться в процессе производства и к технологическому процессу измельчения предъявляются новые требования – толщина ножа со стремлением к толщине струны или бесфасковым лезвиям. Чем выше требования к технологии производства стружки (качество поверхности), тем измельчающий нож должен быть тоньше.

Шнек измельчителя корнеклубнеплодов по диаметру D выбирается из условия: исключения заклинивания корнеплода между валом шнека и кожухом, а также размещения самого крупного (длинного) корнеплода 2 в межвитковом пространстве S (рис. 2).

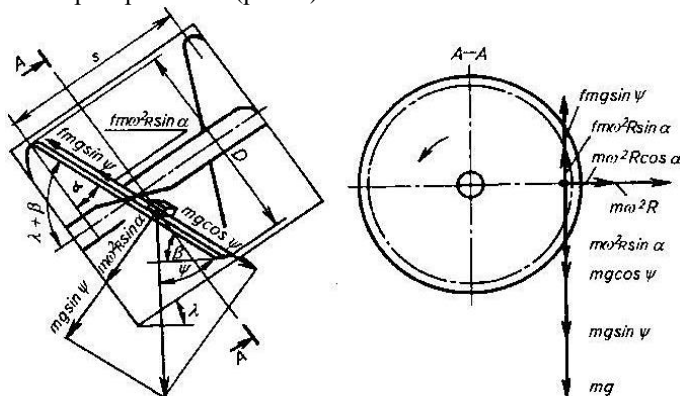


Рис.2. К теории шнека.

Аналитически его параметры рекомендуется подсчитывать для шнековых моек корнеплодов из выражения:

$$S = \pi D \tan \alpha, \quad (16)$$

где α - угол подъёма винтовой линии шнека.

Он зависит от угла наклона шнека к горизонту λ и угла β между касательной к винтовой линии шнека к горизонту:

$$\alpha = 90 - (\beta - \lambda) \quad (17)$$

Диаметр шнека, в моечных машинах, регламентируют $D > 0,3$ м, а вала $d = (0,15 \dots 0,25)D$. По работам профессора А.А. Овчинникова диаметр вала в шнековых машинах транспортирующего типа следует согласовывать с коэффициентом транспортируемого груза.

Максимальная частота вращения шнека

$$n_{\max} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2g \cos \varphi_{\text{ш}} (1 - f \tan \varphi)}{f_0 D \sin}}, \quad (18)$$

где φ - угол между вертикальной осью и касательной к наружной кромкешнека;
 f – коэффициент трения движения корнеплода по влажной ленте шнека;
 f_0 – коэффициент трения покоя корнеплода (клубнеплода) в жидкой среде, образованной из сока корнеплодов:

Расчётная частота вращения подающего шнека

$$n_p = (0,5 - 0,7)n_{\max}. \quad (19)$$

Длина шнека измельчителя L выбирается из технологических соображений с учётом длины загрузочной воронки и возможности ориентации корнеплода в межвитковом пространстве за время прохождения пути вдоль воронки последующего сжатия продукта до критической величины без возможности переориентации.

Принимаем длину шнека по аналогии с пастоизготовительными машинами типа ПЗГ-2 равной 600 мм. Шнек по длине, в измельчителе, будет работать с различными φ - коэффициентами заполнения межвиткового пространства корнеплодами. Из-за различной формы корнеклубнеплода, при разной длине и диаметре, коэффициент заполнения межвиткового пространства определён экспериментально. Поэтому корнеплоды заполняют шнек, на участке приёмной воронки, с плотностью меньше, чем плотность в ворохе.

Корнеплоды в результате перемещения шнеком к матрице уплотняются при контакте с ней до критического состояния, равного усилию резания, и такая плотность поддерживается весь технологический процесс измельчения. Плотность массы возрастает в результате деформации, частичного разрушения целостности корнеплодов, уменьшения воздушного пространства между отдельными клубнями (корнеплодами).

Частички корнеплодов, мезга и образовавшийся сок перемещаются против движения основного потока массы корнеплодов в зазор Δ между шнеком и корпусом, уменьшая полезный объём и снижая коэффициент трения продукта о стенки и перо шнека. Поэтому зазор Δ желательно делать минимальным.

В результате дальнейшей подачи обрабатываемого продукта происходит достижение максимального сдерживающего усилия лезвиями и корнеплод перерезается на части, равных количеству одновременно участвующих в резании ножей (фильеров).

Разрушающее контактное напряжение G_p на кромке лезвия ножа определяется из условия:

$$G_p = P_{\text{рез}}/F_{\text{кр}} = \frac{P_{\text{рез}}}{\delta \Delta} \text{ или } G_p = 1000 P_{\text{рез}} / \delta, \quad (20)$$

где $P_{\text{рез}}$ - давление на кромки лезвия;

$F_{кр}$ - площадь лезвий, находящихся в контакте с материалом резания (находится в зависимости от ширины кромки лезвия δ или, остроты G_p лезвия).

По конструкции пружины, приняли винтовую, цилиндрическую, из круглой проволоки П1 65Г, сжатия, с плавно прилагаемой нагрузкой, достигающей до ΣP_k . Конструктивный наружный диаметр D пружины по методике определили равным 345 мм. Средний диаметр пружины равен

$$D_{cp} = D - d.$$

Предохранительная пружина будет работать в среде измельчённых корнеплодов и через его внутренний диаметр будут проходить измельченные частички, среди которых имеются мелкие фракции корнеплодов, мезга и сок, которые свободно должны удаляться из межвиткового пространства, не нарушая технологический процесс. Поэтому пружина принята из круглого стального (бронзового) прутка (рис. 3).

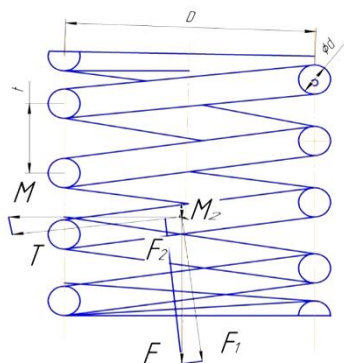


Рис. 3. Конструктивный элемент многофункционального предохранителя измельчителя корнеклубнеплодов.

Размер, возможных инородных включений, планируемых для вывода из обрабатываемого потока корнеплодов, примем равным максимальному диаметру обрабатываемого продукта не менее 180 мм для свеклы. Условно принимая камень или другое тело в виде квадрата со сторонами 180x180 мм, попавшего в ворох корнеклубнеплодов. С таким размером (180x180 мм) изготавливали выводное отверстие в корпусе шнека для удаления инородных включений из измельчителя. Через такое отверстие могут выводиться предметы любой конфигурации с габаритами не менее максимально указанных. Пружина создающая такой ход матрицы должна по данному признаку состоять из трёх последовательно расчётных пружин по эксплуатационным параметрам 60x3=180 мм.

Рабочий размер сменной матрицы фильеров по наружному диаметру приняли равным 350 мм, который будет надёжно работать с пружиной,

имеющей средний диаметр 345 мм, сдерживающей её от перемещения, обеспечивающий на перспективу обработку крупных гибридных сортов корнеклубнеплодов.

Усилие резания корнеклубнеплодов в матрице с бесфасковыми ножами. Зная, что разрушающее контактное напряжение G_p на кромке лезвия ножей определяется из условия:

$$G_p = P_{\text{рез}}/F_{\text{кр}} = \frac{P_{\text{рез}}}{\delta \Delta l} \text{ или } G_p = 1000 P_{\text{рез}} / \delta, \quad (21)$$

где $P_{\text{рез}}$ - давление на кромки лезвия;

δ - толщина лезвия бесфасковых ножей, смонтированных в круглую матрицу (рис.4) (для проведения опытов была принята равной: 25, 50, 75 и 100 мкм).

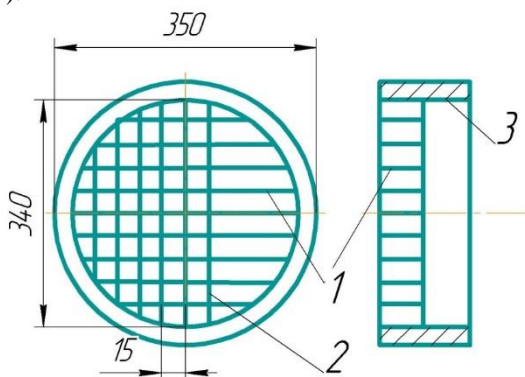


Рис. 4. Матрица с бесфасковыми лезвиями: 1 – первый пакет, с горизонтальным расположением лезвий; 2 – второй пакет, с вертикальным расположением лезвий; 3 – обечайка для натяжки ножей.

В нашем случае при наличии матрицы с бесфасковыми ножами давление, которое должен создавать шнек для того, чтобы шел нормальный процесс резания складывается из следующих составляющих:

$$P_{\text{рез}} = G_p \sum_{i=1}^l l z_p \frac{K_1}{\delta}, \quad (22)$$

где G_p - контактное напряжение на кромке лезвия, равное критическому для I продукта;

$\sum_{i=1}^l l$ - сумма длин лезвий ножей в одном пакете (горизонтальных или вертикальных и т.д.)

l - длина лезвия ножей, в зависимости от ряда на матрице изменяется от 0 до D_m - диаметра матрицы;

z_p - число пакетов бесфасковых лезвий в матрице принимаем ≥ 1 горизонтального, вертикального или их комбинации в пространстве.

При постоянном размере внутреннего диаметра матрицы, в зависимости от поперечного сечения производимой стружки, для определённой группы потребителей будет определяться количество ножей и соответственно их суммарная длина. Например, параметры ломтиков, в поперечном сечении, для КРС примем – 15мм. Таким образом, в матрице с $D = 350$ мм, размещается 23 лезвия с длиной от 1,0 до 345 мм. Общая длина лезвий составляет 682 мм. При таком расположении ножей в матрице, получаются ломтики произвольной формы, копирующей сечение разреза корнеплода, с толщиной ≤ 15 мм. Для производства стружки потребуется устанавливать ещё одну матрицу с квадратными отверстиями, которая сложная в изготовлении и при выходе из строя одного фильера потребует замена всей матрицы, что экономически не выгодно, поэтому мы конструируем матрицу в виде обечайки 3, состоящей из двух пакетов: 1 – с горизонтальными ножами, а 2 – с вертикальными ножами и с таким же шагом. При таком расположении ножей снижается боковое давление на кромках лезвий, а следовательно и затраты мощности на привод, снижается сокообразование.

В разделах 3 и 4 «Методика и результаты экспериментальных исследований» приведены программа и методика, в том числе частные методики экспериментальных исследований и их результаты.

Программа и методика лабораторно-производственных исследований измельчителя корнеклубнеплодов была реализована на экспериментальной установке (рис. 5), изготовленной по патенту РФ №70074.

На корпус шнека 1, сверху крепится загрузочная воронка 2, на ней крепятся контрольно-измерительные приборы 3 с программным устройством. Внутри корпуса 1 размещают поочерёдно шнек 4, с разным шагом навивки, приваренной к валу 5 шнека. На корпусе шнека размещена шкала 6, показывающая усилия резания корнеклубнеплодов; на выходной части шнека размещается матрица 7 со сменным комплектом бесфасковых ножей, которую поджимает к торцу шнека предохранительная пружина 8, регулировочной гайкой 9, оканчивающейся выходной горловиной 10, на выходе готового продукта установлен транспортёр 11 для отвода готовой продукции и контроля качества. В конце транспортёра 11 установлена ёмкость 12 для сбора, стекающего сока и мезги.

Исследуя производительность измельчителя (шнека), которая зависит от конструктивных размеров подающего механизма: диаметра шнека $D_{ш}$ и вала $d_{ш}$, шага спирали $S_{ш}$ и режимных - частоты вращения $n_{ш}$ и коэффициента заполнения(загрузки) $\varphi_{ш}$. Оставляя постоянными $D_{ш}$, $d_{ш}$ при фиксированной частоте вращения $n_{ш} = 250; 500, 735, 1000$ и 1015 мин^{-1} , последовательно увеличивали коэффициент заполнения шнека $\varphi_{ш}$, в пределах 0,1; 0,2; 0,3; 0,35, указанных в первоисточниках фиксировали контролируемые параметры.

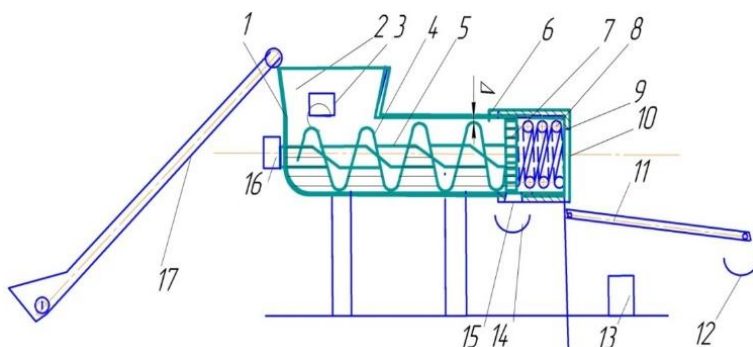


Рис. 5. Схема экспериментальной установки: 1 – корпус шнека; 2 – загрузочная воронка; 3 – контрольно-измерительные приборы (программное устройство); 4 – шнек; 5 – вал шнека; 6 – шкала усилия резания; 7 – матрица бесфасковых ножей; 8 – предохранительная пружина; 9 – регулировочная гайка; 10 – выходная горловина; 11 – контрольный транспортёр; 12 – ёмкость сбора сока и мезги; 13 – весы; 14 – ёмкость сбора механических примесей; 15 – выводное ответствие; 16 – привод регулируемой частоты; 17 – транспортёр загрузки; 18 – датчик давления.

Проведённые исследования показали, что коэффициент заполнения шнека $\varphi_{\text{ш}}$, линейноувеличивает рост производительности измельчающей установки только до определённого режима перемещения корнеплодов (частоты вращения), после которого его влияние, по сравнению с теоретически рассчитанной производительностью, снижается. При коэффициенте заполнения шнека сахарной свёклой на уровне $\varphi_{\text{ш}} = 0,12$, в пределах $(0,1 - 0,15)$ (рис.6), снижение $Q_{\text{ш}}$ составило при частоте вращения шнека 735 мин^{-1} в пределах разности $(15,66 - 14,96) = 0,5 \text{ т/ч}$, а на частоте 1015 мин^{-1} эта разность увеличилась до $(20,47 - 18,92) = 1,55 \text{ т/ч}$.

При увеличении коэффициента заполнения шнека до $\varphi_{\text{ш}} = 0,2$ в пределах $(0,15 - 0,25)$ линейная зависимость приращения пропускной способности шнека сохранялась до частоты вращения $480 - 520 \text{ мин}^{-1}$. На частоте 730 мин^{-1} разность $Q_{\text{ш}}$ составила $(22,0 - 19,3) = 2,7 \text{ т/ч}$. Увеличение $n_{\text{ш}}$ до 1015 мин^{-1} , соответственно увеличило этот разрыв до $(27,8 - 24,27) = 3,53 \text{ т/ч}$. Увеличение $\varphi_{\text{ш}}$ на $0,1$ стало проявляться на $n_{\text{ш}} = 350 - 450 \text{ мин}^{-1}$ с разностью $1,54 \text{ т/ч}$. Дальнейшее увеличение $n_{\text{ш}}$ до 730 мин^{-1} составило разность $Q_{\text{ш}} = 3,12 \text{ т/ч}$, а на 1015 мин^{-1} она достигла $(39,22 - 32,9) = 6,32 \text{ т/ч}$.

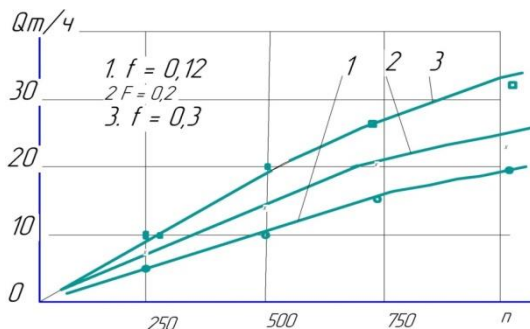


Рис.6. Графики изменения производительности загрузки сахарной свёклы шнеком с $D_{\text{ш}} = 0,44$ м и $d_{\text{в}} = 0,15$ м.

По результатам исследования качества корнеклубнеплодов, на контрольном транспортёре 11, после перемещения их шнековым транспортёром 4 и обработки полученных данных в виде графиков (рис. 7), выяснилась закономерность повреждаемости корнеклубнеплодов λ % в функции от диаметра шнека $D_{\text{ш}}$, коэффициента его заполнения, вида корнеклубнеплодов и размера средней фракции контрольной выборки.

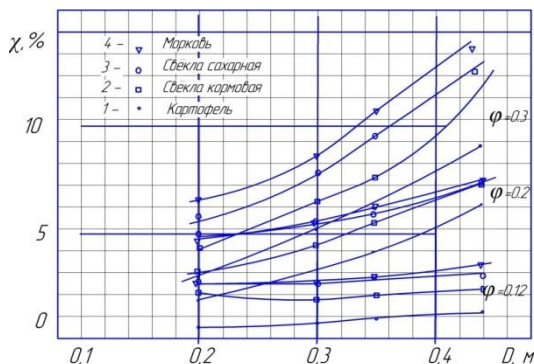


Рис.7. Графики повреждаемости корнеклубнеплодов λ % в зависимости от вида корнеклубнеплода, диаметра шнека $D_{\text{ш}}$ горизонтальная ось и коэффициента заполнения шнека $\phi_{\text{ш}}$ (по четыре кривые снизу вверх 0,12; 0,20; 0,30; и 0,35).

Влияние конструктивно-режимных параметров подающего элемента модуля измельчителя на качество процесса измельчения, выраженное через λ % повреждаемости корнеклубнеплодов при транспортировании шнеками с $D_{\text{ш}} = 0,2; 0,3; 0,35; 0,44$ м и коэффициентами заполнения $\phi_{\text{ш}} = 0,12; 0,2; 0,3$ и $0,35$, при постоянной частоте вращения $n_{\text{ш}} = 730 \text{ мин}^{-1}$ распределяется по возрастанию λ %, в следующей очерёдности: картофель, свёкла кормовая, свёкла сахарная и морковь.

При транспортировании корнеплодов шнеком малого диаметра (0,2 м), средний процент повреждаемости корнеплодов не превышает 2,8% при коэффициенте заполнения 0,12. С увеличением диаметра шнека до 0,3; 0,35; 0,44 м, соответственно λ начинает плавно возрастать до 2,9; 2,95 и 3,8%. С увеличением коэффициента заполнения шнека, повреждаемость моркови возрастает (рис.8).



Рис.8. График повреждаемости поверхности корнеклубнеплодов от коэффициента заполнения шнека $\varphi_{ш}$ при $D_{ш} = 0,35$ м и частоте вращения шнека $n_{ш} = 735 \text{ мин}^{-1}$.

Как показали исследования, установленный диаметр шнека – 0,44 м и частота вращения 1015 мин^{-1} (на измельчителе «Волгарь-5»), конструктивно-режимно завышены для пропускной способности, установленного на нём измельчающего барабана с косыми ножами, а это, как было сказано выше, отрицательно влияет на качество конечного продукта.

Полученные результаты обрабатывались с помощью общепринятых методов и средним результатам строились графики усилий резания исследуемых видов корнеклубнеплодов, выращенных в условиях Таджикистана (рис.9).

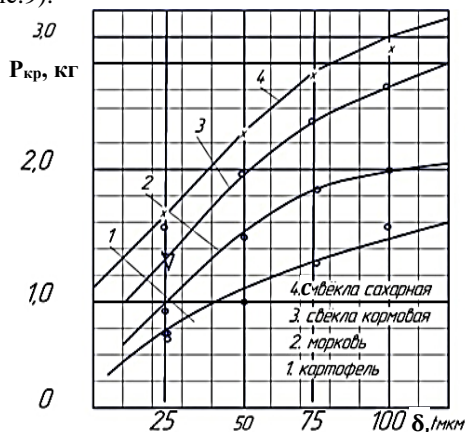


Рис.9. Графики изменения усилий резания $R_{кр}$ от толщины δ лезвия ножа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по усовершенствованию технологической схемы и обоснованию параметров и режимов работы измельчителя корнеклубнеплодов для приготовления корма позволяет сделать следующие выводы:

1. Анализ процессов измельчения корнеклубнеплодов, заготавливаемых на кормовые цели показывает, что конструкции рабочих органов измельчителей определяют их технологическую схему, и качество готового корма и что существующие типы измельчителей очень материалоемки и энергоёмки и допускают до 3% потери массы исходного сырья, при этом выдают готового востребованного качества частички всего 17,0%.

Перспективным направлением повышения эффективности измельчителей корнеклубнеплодов является разработка оптимального режущего рабочего органа исключающего потери массы, производящие не менее 90% качественных частиц, а предложенная об углах заточки, постановки ножей и подающих механизмах считать как тупиковые в решении данной проблемы.

2. КПД режущего органа необходимо считать не по использованию длины ножа, а по отношению конструктивной площади измельчающей матрицы к площади обрабатываемой ножами. Истинное значение использования матрицы (диска, барабана) окажется в 15 -50 раз меньше освещаемых в литературных источниках.

Оптимальным режущим элементом для корнеклубнеплодов является матрица со сменными бесфасковыми лезвиями, собранными в секции, позволяющая получать стружку с различными необходимыми определенными размерами сторон 3х3, 5х5, 10х10 и 15х15 мм при усилии резания в 5...10 раз меньше чем с традиционными ножами.

3. В результате теоретических исследований получены аналитические выражения, позволяющие определить оптимальные форму и размер фильер – формирующих сечение стружки, которое следует выбирать из условия параметров максимально приближённых к естественным кормам для данной группы животных и птиц с учётом предпочтительного потребления обеспечивающими получение прямоугольной стружки удлиненной формы, аналогичной стебельным естественным кормам для конкретного вида животных или птицы.

4. Для измельчителя корнеплодов, формирующими конкурентоспособную машину являются многофункциональный транспортёр-шнек с диаметром 350 мм и частотой вращения $500 - 750 \text{ мин}^{-1}$ с шагом 140 мм и матрица с бесфасковыми ножами с толщиной лезвия 50 мкм.

5. Производственные испытания нового экспериментального измельчителя корнеклубнеплодов в хозяйстве «Кенча Назир» Турсунзадеевского района показали, что производительность экспериментального измельчителя по сравнению с аналогом выше в 5 раз, качество стружки на 60 % выше, а масса в 2,2 раза меньше при установленной мощности в 4 раза меньшей, чем на аналоге.

6. Годовой экономический эффект от использования качественных кормов приготовленных на ресурсосберегающем измельчителе достигает 4646,9 сомони (46 тыс.сомов), окупаемость машины не более одного сезона.

Оценка машин по заготовке кормов, на наш взгляд, должна вестись на востребованную производительность в конкретном временном участке, сохранность исходного сырья (потери = 0), качество приготовленного продукта стремящиеся к 100%, затраты труда и средств, стремящиеся к минимуму.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. **Нуров, Б.З.** Методика экспериментальных исследований измельчителя корнеклубнеплодов и бахчевых культур [Текст]/Б.З. Нуров, А.А.Овчинников // Вестник СГАУ им. Н.И.Вавилова. – Саратов, 2007. –С. 56-59.

2. **Нуров, Б.З.** Математическая модель функционирования линии приготовления кормосмесей [Текст]/ Б.З. Нуров, Н.Р. Амиров //«Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» ТАУ им. Ш. Шотемура. – Душанбе, 2012.- №3. -С.35-37.

3. **Нуров, Б.З.** Теоретические основы оптимизации процесса измельчения корнеклубнеплодов [Текст]/ Б.З. Нуров // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. –Бишкек, 2016. - №9. - С.162 - 165.

4. **Нуров,Б.З.** Критерии оптимизации работы измельчителя корнеклубнеплодов [Текст] /Б.З. Нуров // Теоретический и научно-практический журнал “Кишоварз”, ТАУ им. Ш. Шотемур. – Душанбе, 2016. - №3. - С.45-47.

5. **Нуров, Б.З.** Физико-механические и биологические свойства корнеклубнеплодов [Текст] /Б.З. Нуров // Теоретический и научно-практический журнал “Кишоварз” ТАУ им. Ш. Шотемура.– Душанбе, 2016. - №3. - С. 47-49.

6. **Нуров, Б.З.** Анализ и классификация измельчителей корнеклубнеплодов [Текст]/Б.З. Нуров // Теоретический и научно-практический журнал “Кишоварз” ТАУ им. Ш. Шотемура. – Душанбе, 2016. - №4. - С. 48-50.

7. **Нуров, Б.З.** Анализ технологий и средств измельчения кормовых культур [Текст]/Б.З. Нуров, А.А. Гаффоров, Н.Р. Амиров// Материалы междунар. научно-практической конференции ЯГСХА Часть II. «Актуальные проблемы инженерного обеспечения АПК»: сб. науч. тр.- Ярославль: изд. ФГОУ ВПО ЯГСХА, 2006. -С. 3-8.

8. **Нуров, Б.З.** Уравнение движения рабочего органа измельчителя корнеклубнеплодов и бахчевых культур [Текст]/Б.З. Нуров, Н.Р. Амиров//Материалы международной научно-практической конференции «Профессиональная мудрость и техническое образование-факторы

могущества специалиста»: сб. науч. тр. ТАУ им. Ш. Шотемура.– Душанбе, 2010.- С.16-18.

9. **Нуров, Б.З.** Уравнения движения питателя измельчителя корнеплодов [Текст]/ Б.З. Нуров // Сб. науч. тр. международная научно-практическая конференция «Профессиональная мудрость и техническое образование - факторы могущества специалиста» ТАУ им. Ш. Шотемура.– Душанбе, 2010.- С.18-20.

10. **Нуров, Б.З.** Машина с шнековидным питателем для измельчения корне-клубнеплодов[Текст]/Б.З. Нуров, М. Сафаров, Н.Р. Амиров/ «Актуальные проблемы развития сельскохозяйственной науки» Сб. науч. тр. Института земледелия ТАСХН.–Душанбе: «Ирфон», 2011.- С.58-62.

11. **Нуров, Б.З.** Кинематика винтового рабочего органа измельчителя [Текст] /Б.З. Нуров, Н.Р. Амиров/Материалы международной научно-практической конференции на тему: «Эффективность применения биоклиматических факторов для возделывания сельскохозяйственных культур на поливных землях»: сб. науч. тр. ТАУ им. Ш. Шотемура.– Душанбе, 2012.- С.240-243.

12. **Нуров, Б.З.** Уравнение движения винтового привода машинного агрегата [Текст]/Б.З. Нуров // Международная научно-практическая конференция “Эффективность применения биоклиматическая факторов для возделывания сельскохозяйственных культур на поливных землях”:сб. науч. тр. ТАУ им. Ш. Шотемура. – Душанбе, 2012. - С.243-245.

13. **Нуров, Б.З.** Бесфасковые ножи в измельчителях корнеклубнеплодов [Текст] / Б.З. Нуров, А.А. Овчинников, В.Ф. Дмитриев // Материалы международной конференции, посвященной 105-летию со дня рождения профессора Красникова В.В.«Новые технологии и технические средства в АПК»:сб. науч. тр. СГАУ им. Н.И. Вавилова.– Саратов, 2013. -С.127-134.

14. **Нуров, Б.З.**Обоснование параметров подающего механизма корнеплодов в матрицу измельчителя [Текст]/Б.З. Нуров // Международная научно-практическая конференция “Наука и инновации в XXI-веке: актуальные вопросы, достижения и тенденции развития”. – Душанбе, 2017.- С.334 -337.

15. Пат. 70074 Российская Федерация, МПК А01F 9/00, А01K 5/00. Измельчитель [Текст] / А.А. Овчинников,Б.З. Нуров,Н.Ш. Шамсиев; Саратов.ФГОУВПО «СГАУ им. Н.И. Вавилова».- 2007132310/22; заявл.27.08.2007; опубл.20.01.2008, Бюл.№2.3 с.: ил.

РЕЗЮМЕ

диссертации Нурова Бахриддина Зайдулоевича на тему: “Обоснование параметров и разработка измельчителя корнеклубнеплодов с бесфасковыми ножами” на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01- Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Ключевые слова: измельчитель, корнеклубнеплод, шнек, бесфасковый нож, винтовой привод, физико-механическое свойство, натуральный эксперимент.

Объект исследования: измельчитель корнеклубнеплодов с различными компоновочными схемами размещения бесфасковых ножей.

Цель работы: повышение эффективности использования измельчителя корнеклубнеплодов для подготовки кормов путём совершенствования конструктивно-режимных параметров многофункционального измельчающего рабочего органа.

Научная новизна: Разработаны методики количественной оценки качества процесса измельчения корнеклубнеплодов с применением бесфасковых ножей, дана уточненная классификация измельчителей, позволяющая выбрать новое направление по совершенствованию измельчителей. Получены соответствующие аналитические выражения.

Полученные результаты: Обоснованы конструктивно-технологическая схема нового измельчителя корнеклубнеплодов, параметры рабочих органов и режимы ее работы. Полученные аналитические выражения позволили определить оптимальную форму и размер фильер. Испытание измельчителя в производстве показали рост производительности по сравнению с аналогом в 5 раз, качество стружки повысилось на 60%.

Нуров Бахриддин Зайдуловичтин 05.20.01– айыл чарбасын механикалаштыруу технологиялары жана каражаттары адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасына изденүүгө «Фаскасыз бычактуу тамыр сабактарын майдалагычтын параметрлерин негиздөө жана иштеп чыгуу» темасындагы диссертациясына

РЕЗЮМЕ

Өзөктүү сөздөр: майдалагыч, тамыр-сабактар, шнек, фаскасыз бычак, толкун түрүндөгү айланткыч, физикалык-механикалык касиет, өндүрүштүк тажрыйба.

Изилдөөнүн объекти – фаскасыз бычактары ар башка компоновкадагы схемада жайгаштырылган тамыр сабак майдалагыч.

Изилдөөнүн максаты: Көп функциялуу жумуш аткаруучу органдын конструкциялык-режимдик параметрлерин өркүндөтүү жолу менен тоют даярдоо үчүн тамыр сабактарын майдалагычтын эффективдүүлүгүн жогорулатуу.

Илимий жаңычылыгы: Фаскасыз бычактарды колдонуу менен тамыр сабактарын майдалоо процессинин сапатын сандык баалоо методикасы иштелип чыкты, майдалагычтардын такталган классификациясы берилип, тамыр сабактарды майдалагычтарды жакшыртуунун жаңы багыты ачылды. Тамыр сабактардын жана аларды майдалагычтардын касиеттерин жалпылоочу аналитикалык жыйынтыктар алынды.

Алынган жыйынтыктар: Жаңы тамыр сабактарды майдалагычтын конструкциялык-технологиялык схемасы, анын жумуш аткаруучу органдарынын параметрлери жана иштөө режимдери такталды. Алынган аналитикалык тыянактар филердин оптималдуу формасын жана өлчөмдөрүн аныктоого өбөлгө түздү. Майдалагычты өндүрүштө сыноо башка түзүлүштөргө салыштырмалуу өндүрүмдүүлүк 5 эсеге, тоюттун сапаты 60%га жогорулаганын көрсөттү.

THE RESUME

of dissertation of Nurov Bakhriddin Zaiduloevich on a topic: "Substantiation of parameters and development of the corn-club chopper with unshackled knives" for the scientific degree of candidate of technical sciences, specialty 05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization.

Key words: shredder, root crop, auger, unshackled knives, screw drive, physic-mechanical properti, natural experiment.

Object of the study: a crusher of root crops with various assembly schemes for placing unafeded knives.

The purpose of the work is to increase the efficiency of the use of the corn root sludge crusher for the preparation of animal feed, by improving the design and operating parameters of the multifunctional grinding tool.

Scientific novelty: Methods for quantitative assessment of the quality of the process of crushing root crops with the use of unshackled knives are developed, the refined classification of grinders is given, which allows choosing a new direction for the improvement of crumbs of root crops. The corresponding analytical expressions are obtained.

The obtained results: The constructive-technological scheme of a new crusher of root crops, the parameters of working organs and the operating modes of its operation are substantiated. The obtained analytical expressions allowed to determine the optimal shape and size of the spinnerets. The testing of the shredder in production district showed a 5-fold increase in productivity compared to the analogue, the quality of chips is 60% higher with reduced mass-power indicators of the shredder.

Подписано в печать 06. 04. 2017. Формат А5.
Цифровая печать. Объем 1,5 п.л.
Тираж 70 шт. Заказ 547.

Отпечатано в ОсОО «М –МАХІМА»
720040, г. Бишкек, ул. Тыныстанова, 197/1