

Заключение. Таким образом, в результате проведенных исследований обоснованы технологические подходы к созданию кормовой добавки на основе пористого соевого экструдата и сапропеля. Разработаны технологическая и конструктивно-технологическая схемы получения кормовой добавки, включающие необходимую и целесообразную совокупность необходимых для выполнения операций и технологических средств, обеспечивающих их реализацию. Аналитическим и экспериментальным путем обоснованы параметры экструдера оригинальной конструкции, позволяющие получать экструдат пористой структуры с целью обеспечения быстрого усреднения влаги в бинарной соево-сапропелевой композиции.

Литература

1. Крохина В.А. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных (состав и применение): справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 304 с.
2. Штин С.М. Озерные сапропели и основы их комплексного освоения. – М.: Изд-во МГТУ, 2005. – 373 с.
3. Пат. №2116200, Российская Федерация. Шнековый пресс для производства комбикормов / С.М. Доценко [и др.] // Бюл. изобретателя. – 1998. – № 21.
4. Теоретические аспекты разработки технологии и технических средств для приготовления высококачественных комбикормов-концентратов / С.М. Доценко, В.В. Петров, В.А. Широков [и др.] // Технология и механизация производства и переработки с.-х. продукции: сб. науч. тр. – Благовещенск, 1997. – С. 40–43.



УДК 631:363(031)

Л.Г. Крючкова, С.М. Доценко

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

В статье рассматриваются результаты исследований технологического процесса измельчения корнеклубнеплодов. Установлены аналитические зависимости по расчёту параметров их высокоэффективного измельчения. Получены аналитические модели, характеризующие связь пропускной способности измельчителя с его конструктивно-режимными параметрами.

Ключевые слова: корнеплод, степень измельчения, дисковый измельчитель, математическая модель.

L.G. Kruchkova, S.M. Dotsenko

THE PARAMETERANALYTICAL SUBSTANTIATION OF THE ROOT TUBER CROP GRINDER

The results of the technological process research of the root tuber crop grinding are considered in the article. The analytical dependences on the parameter calculation of their highly effective grinding are established. The analytical models characterizing the grinder throughput capacity with its constructive and mode parameters are received.

Key words: root crop, grinding degree, disk grinder, mathematical model.

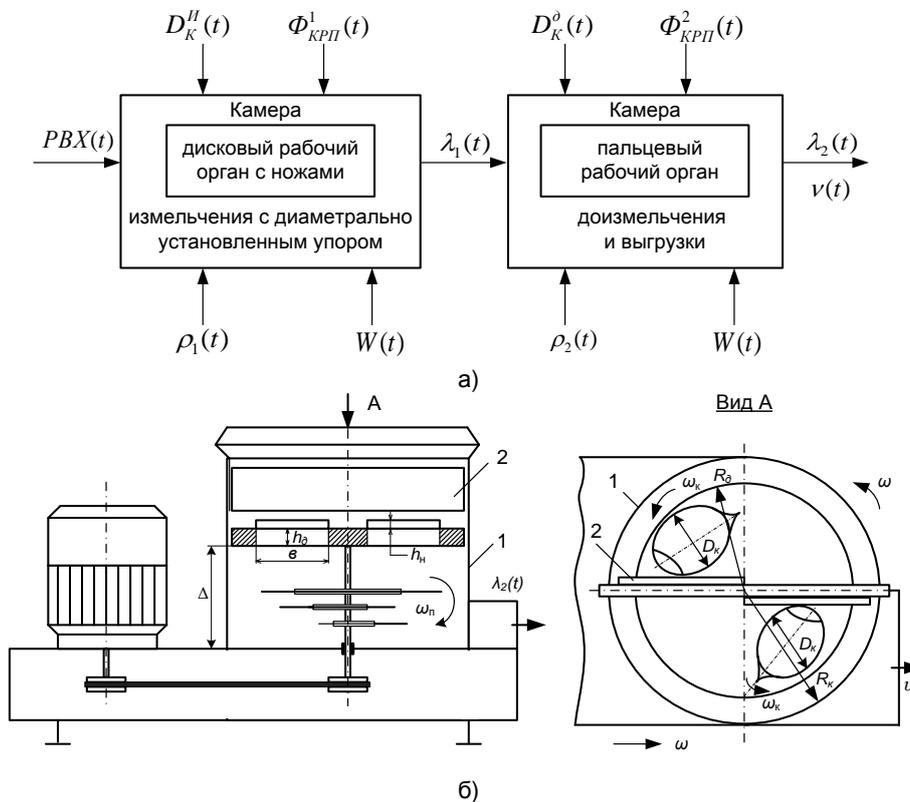
Введение. Для зоны Дальнего Востока и других регионов Российской Федерации наиболее целесообразным является замена концентратно-картофельного рациона на концентратно-корнеплодный с использованием кормовой брюквы сорта кузуки. В пользу данного подхода говорит ещё и то, что данный гибрид даёт урожай до 900 ц/га с обильным количеством листовой массы. При таких показателях себестоимость производства данного гибрида свёклы в два раза ниже, чем картофеля [1, 2].

Однако данный подход к реализации указанного типа рациона возможен только при наличии технологий и технических средств по обработке указанного вида корнеплодов, так как он имеет размерные и весовые характеристики (РВХ), значительно отличающиеся от других видов корнеклубнеплодов.

Цель исследований. Установление аналитических зависимостей по расчёту параметров высокоэффективного измельчителя корнеклубнеплодов.

Задачи исследований. Получить аналитическую модель для расчёта степени измельчения корнеклубнеплодов и аналитические модели, характеризующие связь пропускной способности измельчителя с его конструктивно-режимными параметрами; на основании полученных зависимостей определить факторы и их влияние на энергоёмкость процесса измельчения 2-камерного измельчителя.

Методика и результаты исследований. В принятой нами схеме измельчения данный процесс характеризуется целевой функцией, направленной на получение продукта заданного состава и свойств в зависимости от технологических и конструктивно-режимных параметров. Функционально-структурная и конструктивно-технологическая схемы 2-камерного измельчителя корнеплодов дискового типа представлены на рисунке.



Функционально-структурная (а) и конструктивно-технологическая (б) схемы измельчителя корнеплодов: 1 – камера; 2 – упор; 3 – пальцевый рабочий орган

В соответствии с приведёнными схемами для выходных параметров системы можно записать целевые функции в их общем виде:

$$- \lambda = f(PBX; D_K^H; D_K; \rho_1; \rho_2; W; \Phi_{КРП}^1; \Phi_{КРП}^2) \rightarrow opt; \quad (1)$$

$$- \nu = f(\lambda) \rightarrow min; \quad (2)$$

$$- N_{уд} = f(\lambda; Q_H) \rightarrow min, \quad (3)$$

где λ – степень измельчения;

PBX – размерно-весовые характеристики корнеплодов;

ν – неоднородность гранулометрического состава частиц;

D_K^H, D_K – начальный и конечный диаметры продукта;

ρ_1, ρ_2 – плотность корнеплодов и частиц;

W – влажность продукта;

$\Phi_{КРП}^1$ – совокупность конструктивно-режимных параметров дискового рабочего органа с ножами;

$\Phi_{КРП}^2$ – совокупность конструктивно-режимных параметров пальцевого рабочего органа.

Согласно принятой технологической и структурной схемам измельчения корнеплодов, с помощью дискового измельчителя корнеплоды вначале разрушаются на определённое число частиц стружки в зависимости от числа ножей, а затем на определённое количество частиц продукта конечного размера d_i . Данный процесс разрушения происходит до тех пор, пока частицы не приобретут размер меньший, чем $(\delta' + \Delta)$ и выйдут из рабочей зоны измельчителя. На основе принципа сохранения объёмов исходного и конечного продуктов получено соотношение:

$$D^3 = \sum_{d_i=0}^{d_i=\delta'+\Delta} C_{d_i} \cdot d_i^3 + \sum_{d_i=\delta'+\Delta}^{d_i=d_{max}} C_{d_i} \cdot d_i^3, \quad (4)$$

где C_{d_i} — число частиц диаметром d_i ;

d_{max} — максимальный размер, образовавшейся в результате измельчения частицы.

Первый член этой суммы учитывает суммарный объём частиц, диаметры которых меньше $(\delta' + \Delta)$, второй член учитывает объём частиц, диаметры которых больше $(\delta' + \Delta)$. С наибольшей вероятностью можно предположить, что вторая часть частиц будет иметь меньшую способность к усреднению содержания влаги через диффузионный процесс её передачи второму компоненту с меньшей влажностью в процессе получения двухкомпонентной смеси.

В результате анализа принято, что диффузионная способность частицы диаметром d_i пропорциональна её размеру в степени Z :

$$k_d(d_i) = \xi \cdot d_i^Z, \quad (5)$$

где ξ — коэффициент пропорциональности.

Тогда диффузионная способность к усреднению влаги в двухкомпонентной смеси всех полученных в результате разрушения частиц корнеплодов будет равна:

$$k_d(\sum_{i=1}^n d_i) = \xi \cdot \sum_{d_i=(\delta'+\Delta)}^{d_i=d_{max}} C_{d_i} \cdot d_i^Z. \quad (6)$$

Математическое ожидание среднего размера (диаметра) частиц, образовавшихся в результате первого измельчения корнеплода,

$$\bar{d}_1 = \frac{\sum_{d_i=0}^{d_i=d_{max}} C_{d_i} \cdot d_i}{\sum_{d_i=0}^{d_i=d_{max}} C_{d_i}}. \quad (7)$$

В этом выражении числитель представляет собой общее число частиц, образовавшихся в результате первого измельчения (первой стадии разрушения).

Обозначим его через n_1 , тогда из выражений (4) и (7) следует, что $D^3 = d_i^3 \cdot n_1$ и тогда

$$\bar{d}_1 = D / (n_1)^{1/3}. \quad (8)$$

Обозначив d_i как вероятность сопоставления этой усреднённой размерной характеристики \bar{d}_1 с размером $(\delta' + \Delta)$ при $\bar{d}_1 > (\delta' + \Delta) \cdot d_1 = 1$, при $\bar{d}_1 < (\delta' + \Delta) \cdot d_1 = 0$, а во всех промежуточных случаях $0 < d_1 < 1$, то из выражений (6) и (8) получим:

$$k_d(d_1) = \xi \cdot d_i \cdot n_1 \cdot \left(\frac{D}{(n_1)^{1/3}} \right)^Z = \xi \cdot d_i \cdot n_1^{1-\frac{Z}{3}} \cdot D^Z. \quad (9)$$

Для случая, когда вновь образовавшиеся частицы со средним диаметром d_1 вновь разрушаются на n_2 частиц среднего диаметра \bar{d}_2 путём аналогии получаем, что

$$\bar{d}_2 = D / (n_2^{1/3} \cdot n_1^{1/3}). \quad (10)$$

Тогда для частиц, образовавшихся в результате l -го разрушения, имеем

$$\bar{d}_l = D / \prod_{i=1}^l n_i^{1/3}, \quad (11)$$

$$k_d(d_l) = \xi \cdot \prod_{i=1}^l d_i \cdot n_i^{1-\frac{Z}{3}} \cdot D^Z. \quad (12)$$

Суммарная диффузионная способность всех частиц диаметром D и всех её образовавшихся вновь в результате m разрушений равна:

$$k_d(D) = \sum_{i=0}^{l=m} k_{d_i}, \quad (13)$$

С учётом выражений (8)–(10) получаем:

$$k_d(D) = \xi \cdot D^Z \cdot \sum_{i=0}^{l=m} \prod_{i=0}^l d_1 \cdot n_i^{1-\frac{Z}{3}}. \quad (14)$$

Составляющая при $\xi \cdot D^Z$ по физической сути является степенью измельчения корнеплодов

$$\lambda' = \sum_{i=0}^{l=m} \prod_{i=0}^l d_1 \cdot n_i^{1-\frac{Z}{3}}. \quad (15)$$

Уравнение (15) есть аналитическая модель процесса измельчения корнеклубнеплодов в 2-камерном измельчителе. Данный показатель также учитывает, во сколько раз увеличивается диффузионная способность полученных частиц к усреднению влаги в двухкомпонентной смеси при их смешивании с компонентом меньшей влажности к моменту их конечного получения.

Значение λ' зависит от числа вновь образовавшихся частиц n после снятия стружки с корнеплода и числа разрушений – m . Величина d_i быстро уменьшается, так как мягкие по структуре частицы корнеплодов легко разрушаются на большое число мелких и, следовательно, ряд (15) быстро сходится.

Структура этого ряда такова, что для его оценки необходимо знать лишь широкие изменения n , α , m , а не конкретные их значения.

Анализ выражения (15) также показывает, что λ' зависит от физико-механических свойств корнеплодов, способа их разрушения дисковым измельчителем, а также его конструктивно-режимных параметров, что возможно установить дальнейшим теоретическим анализом и экспериментальными исследованиями.

Так как по физическому смыслу показатель λ' аналогичен степени измельчения, то

$$\lambda' = \frac{D_{кп}}{d_r} \leq [\lambda]. \quad (16)$$

Пропускная способность измельчителя дискового типа по первой его ступени (рис.) в зависимости от размерно-массовых и физико-механических характеристик корнеплодов можно представить как

$$Q_{и} = 2 \cdot V_{кп} \cdot \rho_1 \cdot \omega_d, \quad (17)$$

где $V_{\text{кп}}$ – объём корнеплода;
 ρ_1 – плотность материала корнеплода;
 ω_d – угловая скорость диска измельчителя.

В то же время с учётом снимаемой формы стружки в виде шарового пояса пропускная способность первой ступени измельчителя равна:

$$Q_{\text{и}} = \frac{\lambda_1 \cdot h_{\text{стр}} \cdot (3 \cdot r_1^2 + 3 \cdot r_2^2 + h_{\text{стр}}^2) \cdot \rho_2}{t_{\text{изм}}^I}, \quad (18)$$

где λ_1 – степень измельчения после прохождения продуктом первой ступени измельчителя; $h_{\text{стр}}$ – высота снимаемой с корнеплода, принятого за шар, стружки; r_1 и r_2 – радиусы стружки по её верхнему и нижнему сечениям, соответствующим параметру $h_{\text{стр}}$; $t_{\text{изм}}^I$ – продолжительность измельчения корнеплода первой ступенью.

Выражение (18) есть аналитическая модель процесса измельчения шарообразного плода. Приравняв правые части выражений (17) и (18) и решая полученное равенство относительно $t_{\text{изм}}^I$, получаем:

$$t_{\text{изм}}^I = \frac{6 \cdot \lambda_1 \cdot h_{\text{стр}} \cdot (3 \cdot r_1^2 + 3 \cdot r_2^2 + h_{\text{стр}}^2) \cdot \rho_2}{\pi \cdot D_{\text{кп}}^3 \cdot \rho_1 \cdot \omega_d}, \quad (19)$$

Для стадии прохождения продуктом второй ступени имеем:

$$t_{\text{изм}}^I \approx t_{\text{изм}}^{II} = \frac{0,523 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot d_r^3 \cdot \rho_3}{D_{\text{кп}}^3 \cdot \rho_1 \cdot \omega_d}, \quad (20)$$

Данная зависимость даёт полное представление о закономерностях процесса измельчения корнеплода дисковым измельчителем предложенного типа.

В то же время для второй стадии измельчения можно записать, что

$$Q_{\text{и}} = \frac{14,4 \cdot R_{\text{к}} \cdot L_{\text{к}} \cdot \Delta_{\text{к}} \cdot \rho_3' \cdot \mu_1' \cdot \nu^{1/(1-\nu)} \cdot (\lg k_1 - \lg k_2)}{(k_1 - k_2)}, \quad (21)$$

где $R_{\text{к}}$ – радиус камеры измельчителя; $L_{\text{к}}$ – длина окружности по радиусу камеры; $\Delta_{\text{к}}$ – высота камеры измельчителя аппарата вторичного измельчения (воздушно-продуктового слоя); μ_1 – массовая доля частиц в объёме камеры дискового измельчителя; k_1 и k_2 – значения констант интенсивности измельчения; ν – неоднородность гранулометрического состава конечного продукта.

Выражение (20) есть аналитическая модель процесса измельчения частиц корнеплода, связывающая между собой технологические и конструктивно-режимные параметры 2-камерного измельчителя.

Энергоёмкость процесса получения частиц корнеплода требуемого конечного размера с помощью двухстадийного измельчителя дискового типа $N_{\text{уд}}$, а также с учётом достигаемой степени измельчения, определится как

$$N_{\text{уд}} = N_{\text{и}} / Q_{\text{и}} \cdot \sum_{l=0}^{i=m} \prod_{i=0}^{l=i} d_i \cdot n_i^{1-(z/3)}. \quad (22)$$

В то же время

$$N_{\text{и}} = Q_{\text{и}} \cdot A_{\text{изм}}, \quad (23)$$

где $A_{\text{изм}} = C_1 \cdot l g \lambda^3 + C_2 \cdot (\lambda - 1)$ согласно [3].

Полный расход мощности, необходимый для привода дискового измельчителя корнеплодов предложенной схемы, равен

$$N = (1,15 - 1,20)N_{\text{и}}. \quad (24)$$

Заключение. Таким образом, в результате теоретического анализа процесса измельчения корнеклубнеплодов 2-камерным дисковым измельчителем получены выражения, позволяющие на стадии конструирования измельчителей данного типа рассчитать степень измельчения корнеклубнеплодов; параметры измельчителя в зависимости от его пропускной способности; энергоёмкость процесса измельчения корнеплодов.

Литература

1. Крючкова Л.Г., Доценко С.М., Исаченко А.Н. Технологическая линия приготовления белково-углеводного кормового продукта // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 4. – С. 10–11.
2. Пат. № 2124283, Российская Федерация. Измельчитель тыквы и корнеплодов / С.М. Доценко [и др.] // Б.И. – 1999. – № 1. – С. 15.
3. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос, 1987. – 560 с.



УДК 634.982.5

*В.Д. Валяжонков, Ю.А. Добрынин,
И.И. Тихонов, А.В. Андронов*

СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТРЕЛЕВКИ ДРЕВЕСИНЫ

В статье анализируется обширный научный и практический материал о способах и средствах технологического процесса трелевки древесины. На основании обобщенных данных авторы классифицируют приведенные способы трелевки с учетом научного подхода и соответствующих технических средств.

Ключевые слова: технологический процесс, трелевка древесины, классификация, способ, средство.

*V.D. Valyazhonkov, Yu.A. Dobrynin,
I.I. Tikhonov, A.V. Andronov*

THE MODES AND FACILITIES OF THE TIMBER SKIDDING TECHNOLOGICAL PROCESS

The vast scientific and practical material about the modes and facilities of the timber skidding technological process is analyzed in the article. On the basis of the generalized data the authors classify the given methods of skidding taking into account the scientific approach and proper technical facilities.

Key words: technological process, timber skidding, classification, method, facilities.

Введение. Технология – это наука о способах обработки сырья или полуфабрикатов, в результате чего происходят качественные изменения обрабатываемых предметов труда; к технологии также относят связанные с обработкой переместительные операции [1]. Трелевка представляет собой перемещение деревьев, хлыстов, сортиментов, полудеревьев или щепы от места валки до лесопогрузочного пункта или лесовозной дороги.

Цель исследований. Углубленное изучение технологического процесса трелевки в целях его классификации по видам, способам и средствам.