

Заключение. Полученные аналитические зависимости позволяют оценить величину угла поворота продольной оси сочлененной гусеничной машины с поперечным стержнем при переезде через неровности.

Литература

1. А.с. №1532415 СССР, МКИ⁴ В 62 D 53/02. Сцепное устройство сочленённого транспортного средства / В.А. Лабзин, В.Н. Холопов. – № 4407397/31-11; заявл. 11.04.88; опубл. 30.12.89, Бюл. № 48.
2. Лабзин В.А., Холопов В.Н. Лесные сочленённые гусеничные машины: монография. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2006. – 248 с.
3. Забавников Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин. – М.: Машиностроение, 1975. – 448 с.



УДК 631.363.636

В.А. Широков, С.М. Доценко,
П.Н. Школьников, В.А. Макаров

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕЛКОВО-МИНЕРАЛЬНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ

В статье представлены результаты исследований по обоснованию технологии и параметров процесса получения кормовой добавки в виде гранулята с использованием сои и сапропеля.

Ключевые слова: семена сои, сапропель, технология, сырье, экструдат, параметр.

V.A. Shirokov, S.M. Dotsenko
P.N. Shkolnikov, V.A. Makarov

THE SUBSTANTIATION OF THE PREPARATION PROCESSTECHNOLOGY AND PARAMETERS OF THE PROTEIN-MINERAL FEED ADDITIVEFOR AGRICULTURAL ANIMALS AND POULTRY

The research results on the substantiation of the process technology and parameters of preparingthe feed additive in the granulate form with the soybean and sapropel use are presented in the article.

Key words: soybean seeds, sapropel, technology, raw materials, extrudate, parameter.

Введение. На сегодняшний день известно, что содержание протеина в заготавливаемых кормах не обеспечивает потребностей в нем животноводства. Его недостаток, по различным оценкам, составляет 19–30 % от потребности, в связи с чем в рационах в среднем на одну кормовую единицу приходится не более 50–86 г перевариваемого протеина вместо 105–110 г по нормам [1]. Многочисленные данные отечественной и зарубежной науки, а также практика, подтверждают, что в рационах животных недостаток кормового протеина можно частично восполнить карбамидом. Однако такая замена возможна при условии, когда рационы дефицитны только по протеину и содержат достаточное количество легкоперевариваемых углеводов, витаминов и минеральных веществ. К тому же при скармливании карбамида необходимо соблюдать следующие условия: карбамид должен быть хорошо перемешан с кормом и приучать к нему необходимо животных постепенно. Недопустим и перерыв в скармливании карбамида, а превышение рекомендуемых норм в рационах вызывает тяжелые заболевания и гибель животных [1].

В то же время соевое зерно и продукты его переработки являются высокобелковыми продуктами, содержащими эссенциальные жирные кислоты минеральных веществ. Такой набор веществ при скармливании соевого зерна и продуктов его переработки животным и птице существенно повышает биологическую цен-

ность рационов. Наряду с этим эффективным кормовым средством, содержащим биологически активные вещества, является сапрпель [1, 2].

Цель исследований. Обосновать технологию получения белково-минеральной кормовой добавки и комплекс технических средств для ее реализации.

Задачи исследований. Обосновать технологические подходы к созданию технологии получения белково-минеральной кормовой добавки; разработать технологическую и конструктивно-технологическую схемы процесса получения белково-минеральной кормовой добавки; обосновать параметры пресс-экструдера для получения соевого компонента пористой структуры.

Материалы и методы исследований. В *теоретических* исследованиях использованы методы системного анализа, а также теоретической и прикладной механики. Экспериментальные исследования проводились на основе метода планирования многофакторного эксперимента с обработкой результатов методами математической статистики и пакета прикладных программ "Statistika-6" и др.

Результаты исследований и их обсуждение. На основании проведенного анализа разработана технологическая схема производства биологически ценной белково-минеральной кормовой добавки. В качестве исходного сырья принято использование семян сои и сапрпеля (рис. 1).

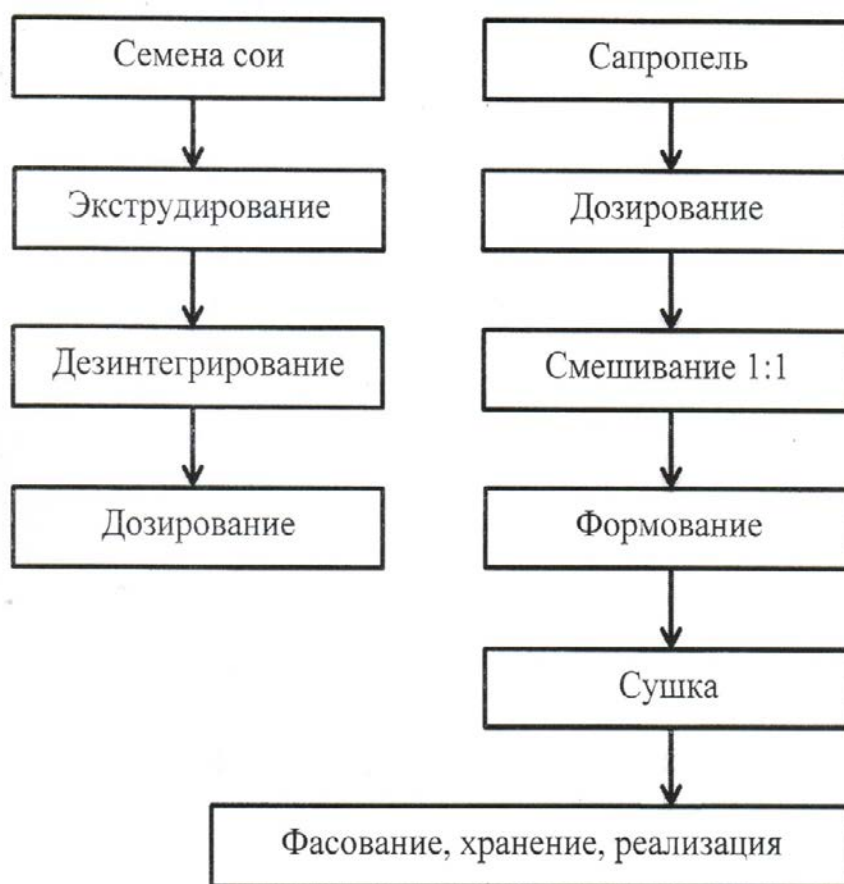


Рис. 1. Технологическая схема производства белково-минеральной кормовой добавки

Характерной особенностью данной технологии является предварительное получение соевого экструдата, имеющего пористую структуру с помощью специального устройства [3]. Данный подход позволяет на этапе приготовления соево-сапрпелевой бинарной композиции (рис. 2) значительно быстрее обеспечить усреднение влаги в компонентах при их перемешивании и гранулировании с помощью смесителя-усреднителя-3 и гранулятора-5 (рис. 2). Обеспечивается это, прежде всего, степенью пористости соевого экструдата и разностью концентраций воды в соевом и сапрпелевом компонентах.

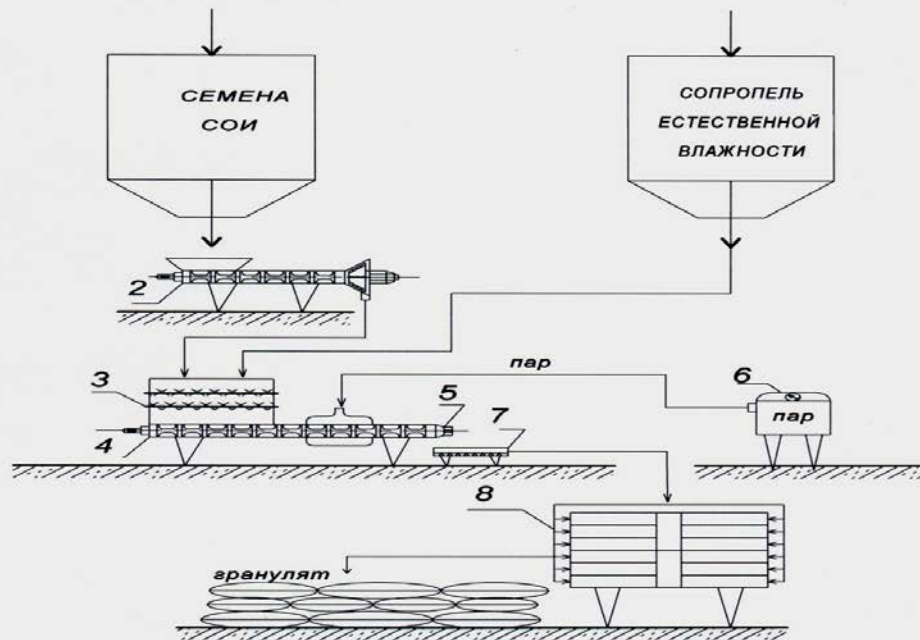


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема линии по производству кормовой добавки: 1 – бункер-накопитель; 2 – экструдер; 3 – смеситель-усреднитель; 4 – пресс; 5 – формующая решетка гранулятора; 6 – парогенератор; 7 – лоток; 8 – сушильный шкаф-универсал «ЭСПИС-4»

Теоретический анализ процесса приготовления экструдата с использованием данного пресс-экструдера [4] позволил получить выражение для определения скорости прохождения обрабатываемого кормового продукта (КП) вдоль оси винта:

$$v = v_0 \frac{\rho_0 \cdot S_0}{\rho_x \cdot S_x}, \quad (1)$$

где v_0 – скорость прохождения семян сои исходной части винта;
 ρ_0, ρ_x – плотность КП в начале и в конце камеры пресса соответственно;
 S_0, S_x – площадь КП в первоначальный и в конечный период при прохождении вдоль оси винта.
 Плотность КП в пресс-экструдере определили как

$$\rho_x = \rho_k + \rho_f^{(1)} + \rho_f^{(2)}, \quad (2)$$

где ρ_k – плотность КП от действия конструктивных факторов (без учета сил трения);
 $\rho_f^{(1)}$ – приращение плотности в поперечном сечении КП в результате действия сил трения;
 $\rho_f^{(2)}$ – приращение плотности КП от действия сил трения по всей боковой цилиндрической поверхности камеры. Для первой составляющей выражения (2) можно записать:

$$\rho_k = \frac{\rho_0}{e^{-b}\varphi(1-b_k\varphi)}, \quad (3)$$

где φ – угол поворота шнека, при котором $b = \varepsilon / 2\pi$;
 ε – логарифмический декремент уменьшения шага.

Анализ сил, действующих в процессе уплотнения КП, показывает, что его уплотнение обусловлено действием давления в поперечном сечении P_{non} и силы трения КП в поперечном сечении винта F_τ . При этом сила F_τ направлена под некоторым углом α по отношению к направлению плоскости сжатия (отрицательное направление оси). В связи с этим плотность в поперечном сечении КП от действия сил трения определяется как

$$\rho_f^{(1)} = \frac{F_\tau}{S_{non}} \int_0^\varphi P_{non} \sqrt{EG - F^2} \cos^3 \alpha d\varphi, \quad (4)$$

где S_{non} – площадь поперечного сечения КП;

E, G, F – Гауссовы коэффициенты.

Плотность КП от действия сил трения по всей боковой цилиндрической поверхности составляет:

$$\rho_f^2 = \frac{2\pi\mu Rf \int_0^{\xi} P_{non}(\xi) d\xi}{S_{non}}, \quad (5)$$

где μ – коэффициент Пуассона (коэффициент поперечной деформации);

R – радиус винта;

f – коэффициент трения;

ξ – длина перемещаемого КП.

Качество экструдата оценили коэффициентом взорванности ξ :

$$\xi = \frac{Q_n t_n}{\rho_{(z)} V_\varepsilon k_H}, \quad (6)$$

где Q_n – производительность пресс-экструдера, кг/с;

t_n – время прессования КП, ч;

V_ε – объем экструдата, м³;

k_H – коэффициент приведения объема экструдата к объему экструдированного материала.

Мощность, затрачиваемая на процесс экструдирования, зависит от мощности, затрачиваемой на преодоление сил трения при скольжении КП по поверхности винта N_1 , мощности, затрачиваемой на преодоление сил трения по внутренней цилиндрической поверхности винта N_2 и мощности, затрачиваемой на преодоление сил трения в опорах винта N_3 . Анализ показывает, что на общие затраты мощности существенное

влияние оказывает мощность N_1 , так как за счет нее обеспечивается уплотнение КП и перемещение его вдоль оси. Она определяется последующей зависимостью:

$$N_1 = \int_0^{\varepsilon} f_{\tau} P_{non} \cos^2 \alpha v \sqrt{EG - F^2} \, dz \quad (7)$$

При прохождении КП вдоль оси винта мощность затрачивается на преодоление сопротивления по всей цилиндрической поверхности и на перемещение КП вокруг оси винта. Исходя из этого, выражение, учитывающее данные затраты мощности, будет следующим:

$$N_{2,3} = 2\pi\mu R_m^2 (f v_0 \rho_0 S_0 \int_0^t \frac{P_{non}}{\rho S} dr + \omega dr \int_0^t P_{non} dz). \quad (8)$$

где R_m – радиус витка винта;

ω – угловая скорость вращения винта, c^{-1} .

Экспериментальным путем получены следующие уравнения регрессии, с помощью которых обоснованы оптимальные параметры процесса экструдирования семян сои:

- для коэффициента взорванности:

$$\eta = -61,923 + 1,888\omega + 17,825 \cdot \Delta + 0,902W - 0,093\omega \cdot \Delta - 0,387 \cdot \Delta \cdot W - 0,021\omega^2 - 1,730 \cdot \Delta^2 \rightarrow \text{opt}; \quad (9)$$

- для энергоемкости:

$$N_3 = 0,297 - 0,011 \cdot \omega - 0,015 \cdot \Delta + 4,963 \cdot 10^{-3} \cdot W - 3,125 \cdot 10^{-4} \cdot \omega \cdot \Delta - 1,093 \cdot 10^{-4} \cdot \omega \cdot W + 1,495 \cdot 10^{-4} \cdot \omega^2 + 5,504 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta^2 \rightarrow \text{min}, \quad (10)$$

где ω – угловая скорость вращения винта, равная 39–40 c^{-1} ;

Δ – зазор в кольцевой фильере экструдера, равный 2,48–2,5 мм;

W – исходная влажность семян сои, равная 12 %.

При данных параметрах процесса показатели взорванности экструдата и энергоемкости составили соответственно $\eta = 4,2$ ед., $N_3 = 0,074 \frac{кВт \cdot ч}{кг}$. Характеристика исходного сырья, промежуточного продукта в виде пасты и сушеного гранулята приведена в таблице. Анализ данных показывает, что разработанная технология и совокупность технических средств для ее реализации позволяет получить биологически ценную кормовую добавку с высоким содержанием протеина (38–40 %) кальция, фосфора и витаминов группы В, а также витамина Е.

Характеристика исходного сырья и готового продукта, %

№ п/п	Сырье и продукты	Вода	Протеин	Жиры	Углеводы	Минеральные вещества	Са	р	Витамины, мг/кг		
									В ₁	В ₂	Е
1	Соевый экструдат	10-12	38-40	18-20	28-29	5-5,5	0,5	0,68	4,3	7,6	80,0
2	Сапрпель	68-70	1-6	-	14-16	10-12	1,6	0,2	0,5	0,5	-
3	Влажный кормовой продукт	39-40	20-22	9-10	20-21	7-8	1,1	0,44	4,5	6,8	40,0
4	Гранулят сушеный по варианту 1–2	8-10	38-40	18-20	25-28	10-12	1,5-1,8	0,7	5,0	7-8	60-80

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.