

Результаты испытаний комбайнов на серийной ходовой системе показали, что максимальные значения ускорений остова машины при движении по стерне кормовых трав достигают более  $2,5 \text{ м/с}^2$ . При этих значениях снижение давления под гусеничной ходовой системой с РАГ составляет 10,1%. Это обстоятельство дополнитель но обеспечивает преимущество гусеничных систем на РАГ при сравнительных испытаниях [3, 4].

**Выводы.** На основании проведенных исследований работы различных гусеничных движителей мобильных уборочно-транспортных машин в реальных условиях эксплуатации, в условиях переувлажнения почвы наиболее целесообразным с точки зрения повышения тягово-сцепных свойств и снижения техногенного воздействия на почву является использование резиноармированных гусениц. Применение данного вида движителя обеспечит критерий максимального допустимого давления  $75\text{кН/м}$ , что соответствует требованиям экологически безопасного воздействия на почву.

### Литература

1. Ксеневич И.П. Внедорожные тягово-транспортные системы: проблемы защиты окружающей среды // Тракторы и сельхозмашины. – 1996. – №6. – С. 18–22.
2. Ксеневич И.П., Скотников В.А., Ляско М.Н. Ходовые системы – почва – урожай. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.
3. Канделя М.В. Исследование и обоснование технического уровня различных типов гусеничных ходовых систем уборочно-транспортных машин.: дис. ... канд. техн. наук. – Биробиджан, 1997. – 162 с.
4. Разработка движителя с резиноармированными гусеницами / А.М. Емельянов [и др.] // Техника в сельском хозяйстве. – 2001. – №2. – С. 14–16.
5. Создание унифицированной конструкции гусеничной ходовой системы и ведущего моста для новых рисозерноуборочных комбайнов: науч. отчет. – М., 1988. – 88 с.



УДК 631:363(031)

Л.Г. Крючкова, С.М. Доценко, А.А. Борсук

### ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПОЛНОРАЦИОННЫХ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ СВИНЬЯМ

*В работе представлены данные, полученные в результате проведённых исследований, позволяющие проектировать и создавать технологии и технические средства для реализации процесса механизированного кормления свиней.*

**Ключевые слова:** корнеплоды, кормовая смесь, измельчитель, технологическая линия.

*L.G. Krjuchkova, S.M. Dotsenko, A.A. Borsuk*

### SUBSTANTIATION OF PROCESS PARAMETERS FOR PIGS' FULL DIETING FODDER MIXES PREPARATION

*The research data allowing to project and create technologies and technical facilities for pigs feeding mechanized process implementation is presented in the article.*

**Key words:** root crops, fodder mix, grinder, technological line.

---

Одним из основных путей развития свиноводства является укрепление кормовой базы, позволяющее эффективно использовать белковые, углеводные, минеральные и витаминные ресурсы производимых в Российской Федерации кормовых культур. При этом важнейшими источниками углеводов являются корнеклубнеплоды, в частности корнеплоды сорта кукузику [1]. Данный вид корнеплодов из-за своих больших размеров и специфической формы практически не может быть подвергнут мойке и измельчению с помощью существующих технических средств.

В этой связи такие корнеплоды скармливают в неподготовленном виде и в малых объёмах, что снижает эффективность их использования при кормлении животных.

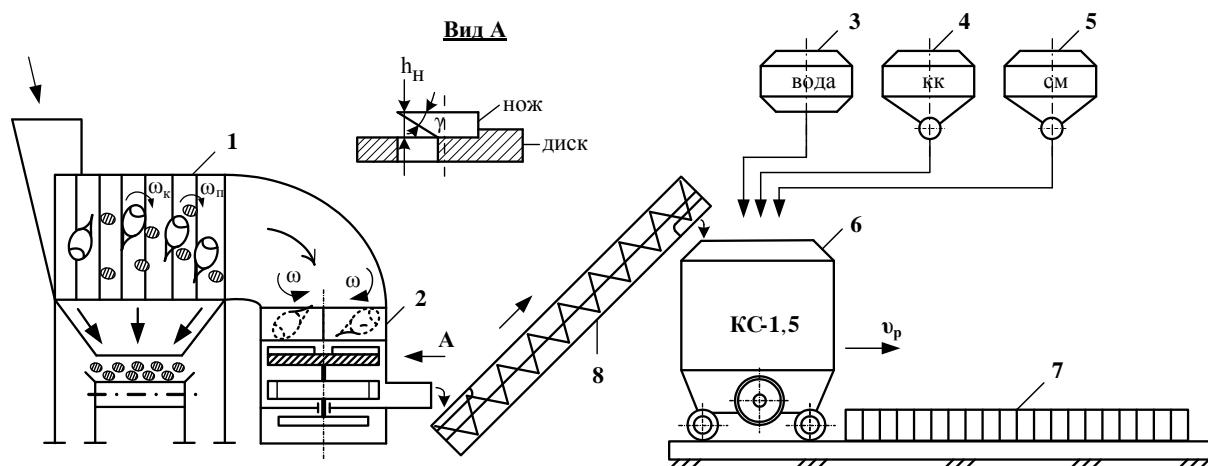
**Цель исследований.** Обоснование оптимальных параметров процессов измельчения корнеплодов сорта кузику и получение на основе этого продукта кормовых смесей для свиней.

**Задачи исследований:**

- получить аналитические модели процессов измельчения корнеплодов сорта кузику и их смешивания с принятными компонентами рациона кормления свиней;

- посредством полученных экспериментальным путём математических моделей оценки указанных процессов обосновать оптимальные значения параметров для принятой технологической схемы приготовления полнорационных кормовых смесей свиньям.

В процессе проведённых исследований авторами статьи разработана конструктивно-технологическая схема линии по производству кормовых смесей в виде влажных мешанок для свиней. Линия включает очиститель корнеплодов 1, измельчитель 2, бункера-дозаторы 3,4,5, кормораздатчик-смеситель КС-1,5 6, кормушки 7, шнек 8 (рис.).



Конструктивно-технологическая схема линии приготовления и раздачи полнорационных кормовых смесей свиньям:  $w_k$  – угловая скорость вращения комков почв;  $\omega$  – угловая скорость вращения корнеклубнеплодов; кк – корнеклубнеплоды; см – соевая мука,  $v_p$  – скорость движения кормораздатчика

Согласно разработанной схеме, подвергнутые сухой очистке корнеплоды с помощью устройства 1 подаются в двухсекционную камеру дискового измельчителя 2 [2]. Далее измельчённая масса корнеплодов шнеком 8 подаётся в бункер 6 раздатчика-смесителя КС-1,5, где смешивается с концом и соевой мукой.

Качество приготавливаемой смеси кормов зависит от степени измельчения корнеплодов  $\lambda_i$ , так как именно она определяет эффективность перераспределения влаги между компонентами сухой и влажной физической формы в бункере раздатчика-смесителя КС-1,5.

При этом диффузионную способность  $R_o$ , которая характеризует процесс перераспределения влаги между частицами сухих и влажных компонентов, определили в соответствии со следующей аналитической моделью:

$$R_o = \xi \cdot \mathcal{D}^z \cdot \sum_{l=0}^{l=m} \prod_{i=0}^l \alpha_i \cdot n_i^{1-\left(\frac{z}{3}\right)}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{D}^z$  – суммарный диаметр частиц корнеплодов;

$m$  – число дроблений частиц корнеплодов;

$\xi$  – коэффициент пропорциональности;

$\alpha_i$  – вероятность получения частиц корнеплодов  $i$ -го размера;

$n$  – общее число частиц корнеплодов.

Составляющая при  $\xi \cdot D^z$  по физической сути есть степень измельчения корнеплодов

$$\lambda_u = \sum_{l=0}^{l=m} \prod_{i=0}^l \alpha_i \cdot n_l^{1-\left(\frac{z}{3}\right)}. \quad (2)$$

Для обоснования корректности данного подхода экспериментальным путём получены математические модели оценки процесса измельчения корнеплодов куизику и обоснованы оптимальные параметры предложенного измельчителя дискового типа.

Полученные модели имеют следующий вид:

- для степени измельчения корнеплодов

$$\begin{aligned} \lambda_u = & -17219 + 147,18 \cdot \omega_\partial + 114,17 \cdot \gamma + 164,18 \cdot h_n - 0,367 \cdot \omega_\partial^2 - 1,268 \cdot \gamma^2 - \\ & - 21,554 \cdot h_n^2 \rightarrow opt; \end{aligned} \quad (3)$$

- для неоднородности получаемых частиц корнеплодов

$$\begin{aligned} \nu = & -2585 + 23,536 \cdot \omega_\partial + 8,155 \cdot \gamma + 67,985 \cdot h_n + 0,350 \cdot \omega_\partial \cdot \gamma - \\ & - 0,325 \cdot \omega_\partial \cdot h_n + 0,450 \cdot \gamma \cdot h_n - 0,059 \cdot \omega_\partial^2 - 0,183 \cdot \gamma^2 - 2,904 \cdot h_n^2 \rightarrow max; \end{aligned} \quad (4)$$

- для энергоёмкости процесса измельчения корнеплодов

$$\begin{aligned} N_{y\partial} = & 27,239 - 0,226 \cdot \omega_\partial - 0,102 \cdot \gamma + 0,198 \cdot h_n - 0,00037 \cdot \omega_\partial \cdot \gamma - \\ & - 0,00043 \cdot \omega_\partial \cdot h_n + 0,0019 \cdot \gamma^2 + 0,0821 \cdot h_n^2 \rightarrow min, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\omega_\partial$  – угловая скорость вращения диска измельчителя;

$\gamma$  – угол наклона режущей кромки ножа,  $\gamma = 45 - 46^\circ$ ;

$h_n$  – высота установки ножа над диском,  $h_n = 3,8 - 4,1 \text{мм}$ .

Посредством данных моделей определены оптимальные значения параметров процесса измельчения корнеплодов сорта куизику, которые равны:  $\omega_\partial = 200 \text{с}^{-1}$ ,  $\gamma = 45 - 46^\circ$  и  $h_n = 3,8 - 4,1 \text{мм}$ .

При данных значениях параметров степень измельчения корнеплодов составила:  $\lambda_u = 380 - 400$ , неоднородность полученных частиц  $\nu = 97,2\%$ . При этом энергоёмкость  $N_{y\partial} = 2,53 \text{kBm} \cdot \text{ч/м}$ , что в 1,74 раза ниже по сравнению с измельчителем «Волгарь-5».

Для обоснования эффективности процесса получения кормовой смеси, на основе измельчённых корнеплодов куизику, соевой муки и концормов, с учётом продолжительности их смешивания ( $t_{\text{см}} = t_{opt}$ ), получена расчётная зависимость для определения производительности смесителя периодического действия, выполненного по типу КС-1,5:

$$Q_{cm} = \frac{M_{cm} \cdot \alpha_k + M_{cm} \cdot \alpha_{cm} + M_{cm} \cdot \alpha_{kk}}{t_{opt}} = \frac{\gamma_c \cdot \sum_{i=1}^n M_{cm} \cdot \alpha_i^c}{\ln\left(\frac{i_0}{\gamma_c}\right)}, \quad (6)$$

где  $M_{cm}$  – масса смеси компонентов согласно рациону кормления свиней;

$\alpha_i^c$  – массовая доля  $i$ -го компонента смеси;

$\alpha_k$  – массовая доля корнеплодов;

$\alpha_{cm}$  – массовая доля соевой муки;

$\alpha_{kk}$  – массовая доля концкормов;

$\gamma_c$  – параметр, характеризующий замедление процесса смещивания;

$i_0$  – прирост массовой доли  $i$ -го компонента в смеси;

$t_{opt}$  – оптимальная продолжительность процесса смещивания;

$n$  – число компонентов смеси.

Эффективность процесса смещивания принятых, согласно рациону, компонентов раздатчиком-смесителем КС-1,5, оцененная однородностью смеси, а также энергоёмкостью, в зависимости от его параметров и степени измельчения корнеплодов оценили посредством следующих математических моделей:

$$\theta_{cm} = 3710,6 + 14,186 \cdot \omega_{uu} + 18,713 \cdot \lambda_u + 7,245 \cdot t_{cm} - 0,840 \cdot \omega_{uu}^2 - 0,023 \cdot \lambda_u^2 - 0,671 \cdot t_{cm}^2 \rightarrow \max; \quad (7)$$

$$N_{yd}^{cm} = 11,722 + 0,003 \cdot \omega_{uu} - 0,005 \cdot \lambda_u - 0,002 \cdot t_{cm} - 0,0002 \cdot \omega_{uu} \cdot \lambda_u + 0,004 \omega_{uu}^2 + 0,00007 \cdot \lambda_u^2 + 0,0002 \cdot t_{cm}^2 \rightarrow \min, \quad (8)$$

где  $\omega_{uu}$  – угловая скорость вращения вертикального шнека;

$\lambda_u$  – степень измельчения корнеплодов;  $\lambda_u = 398 - 404$ ;

$t_{cm}$  – продолжительность смещивания,  $t_{cm} \rightarrow t_{opt}$ .

Посредством данных моделей определены оптимальные значения параметров процесса смещивания принятых компонентов рациона кормления свиней с помощью раздатчика-смесителя КС-1,5, которые равны:

$$\omega_{uu} = 7,7 - 8,5 c^{-1}, \lambda_u = 398 - 404 \text{ и } t_{cm} = t_{opt} = 4,7 - 5,4 \text{ мин.}$$

При данных значениях параметров однородность смеси составляет  $\theta_{cm} = 98,9\%$ , а энергоёмкость равна  $N_{yd} = 0,158 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^3$ .

Проведённые исследования позволили научно обосновать возможность и целесообразность приготовления кормовых смесей свиньям с использованием такой кормовой культуры, как кукузику.

При этом посредством полученных аналитическим и экспериментальным путём моделей обоснованы оптимальные значения параметров процессов измельчения корнеплодов сорта кукузику и их смещивания с необезжиренной соевой мукой и концкормами.

Полученные экспериментальные данные удовлетворительно согласуются с расчётными данными, отклонения находятся в пределах  $\pm 10\%$ .

Таким образом, проведённые исследования позволили получить новую совокупность научно обоснованных данных, необходимых для проектирования высокоеффективного производственного процесса приготовления и раздачи полнорационных кормовых смесей свиньям на основе новых и существующих технических средств.

### Литература

- Справочник по кормлению сельскохозяйственных животных / А.М. Венедиктов [и др.]. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 303 с.
- Пат. РФ №2124283. Измельчитель корнеклубнеплодов и тыквы / С.М. Доценко [и др.]. – Опубл. в БИ. №1 от 10.01.1999 г.