

- вод, содержащих эмульгированные нефтепродукты // Вестн. КрасГАУ. – 2016. – № 5. – С. 91–99.
6. *Батрак А.П.* Планирование и организация эксперимента: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2010. – 60 с.
7. *Иванова В.П., Касатов Б.П., Красавина Т.Н.* и др. Термический анализ минералов и горных пород. – М.: Недра, 1974. – С. 399.
3. *Halturina T.I., Rudenko T.M., Churbakova O.V.* Issledovanie tehnologii jelektrohimicheskoj obrabotki stochnyh vod, soderzhashhih jemul'girovannye nefteprodukty // Izvestija vuzov. Stroitel'stvo. – 2008. – № 8. – S.56–60
4. *Pazenko T.Ja., Halturina T.I., Kolova A.F.* i dr. Jelektrokoaguljacionnaja obrabotka maslosoderzhashhih stochnyh vod // Zhurnal prikladnoj himii. – 1985. – № 11. – S. 25–67.
5. *Halturina T.I., Churbakova O.V.* K voprosu jelektrokoaguljacionnoj ochistki stochnyh vod, soderzhashhih jemul'girovannye nefteprodukty // Vestn. KrasGAU. – 2016. – № 5. S. 91–99.
6. *Batrak A.P.* Planirovanie i organizacija jeksperimenta: ucheb. posobie. – Krasnojarsk: Izd-vo SFU, 2010. – 60 s.
7. *Ivanova V.P., Kasatov B.P., Krasavina T.N.* i dr. Termicheskiy analiz mineralov i gornyh porod. – М.: Nedra, 1974. – S. 399.

#### Literatura

1. *Ukrupnennye normy vodopotreblenija i vodootvedenija dlja razlichnyh otraslej promyshlennosti // VNII VodGEO.* – М.: Strojizdat, 1978. – 590 s.
2. *Rudenko T.M.* Razrabotka jeffektivnoj tehnologii ochistki stochnyh vod, soderzhashhih nefteprodukty: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. – Novosibirsk: Izd-vo NGASU, 2008.



УДК 631.636(075.8)

*Л.Г. Крючкова, С.М. Доценко,  
А.В. Бурмага, С.А. Винокуров*

#### ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ СВИНОМАТКАМ

*L.G. Kryuchkova, S.M. Dotsenko,  
A.V. Burmaga, S.A. Vinokurov*

#### JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF THE PROCESSES OF PREPARATION AND DISTRIBUTION OF FODDER MIXES AMONG SOWS

*Крючкова Л.Г.* – канд. техн. наук, доц. каф. высшей математики Дальневосточного государственного аграрного университета, г. Благовещенск. E-mail: lyudmila0511@mail.ru

*Доценко С.М.* – д-р техн. наук, проф. каф. строительного производства и инженерных конструкций Дальневосточного государственного аграрного университета, г. Благовещенск. E-mail: lyudmila0511@mail.ru

*Kryuchkova L.G.* – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Higher Mathematics, Far East State Agricultural University, Blagoveshchensk. E-mail: lyudmila0511@mail.ru

*Dotsenko S.M.* – Dr. Techn. Sci., Prof., Chair of Construction Production and Engineering Designs, Far East State Agricultural University, Blagoveshchensk. E-mail: lyudmila0511@mail.ru

**Бурмага А.В.** – д-р техн. наук, проф. каф. транспортно-энергетических средств и механизации агропромышленного комплекса Дальневосточного государственного аграрного университета, г. Благовещенск. E-mail: lyudmila0511@mail.ru

**Винокуров С.А.** – асп. каф. транспортно-энергетических средств и механизации агропромышленного комплекса Дальневосточного государственного аграрного университета, г. Благовещенск. E-mail: lyudmila0511@mail.ru

*Решающее влияние на продуктивность свиноматок в период лактации и успешное выращивание поросят оказывает организация рационального кормления животных полноценными кормами при высокоэффективном их использовании. Основными операциями при приготовлении полнорационных кормовых смесей свиньям являются обязательная подготовка корнеклубнеплодов путем их мойки или сухой очистки, а также измельчение с определенным гранулометрическим составом продукта, получение однородных смесей с последующей их дозированной выдачей животным в соответствии с зоотехнической нормой. Целью исследования является повышение эффективности функционирования системы механизированного кормления свиноматок. Задачи исследования: разработать структурно-функциональную и конструктивно-технологическую схемы раздатчика ограниченной мобильности; аналитически и экспериментально обосновать оптимальные значения параметров процесса приготовления и раздачи кормовых смесей свиноматкам; разработать линию приготовления и раздачи кормовых смесей с использованием инновационных технологических и технических решений. В статье представлено обоснование параметров процессов приготовления и раздачи кормовых смесей свиноматкам. Разработаны структурная схема системы механизированного кормления свиноматок, а также конструктивно-технологическая схема кормораздатчика-смесителя шнекового типа. Предложена инновационная конструктивно-технологическая схема линии приготовления и раздачи кормовых смесей свиноматкам. На основе разработанных схем и методологических подходов предложен раз-*

**Burmaga A.V.** – Dr. Techn. Sci., Prof., Chair of Transport and Power Means and Mechanization of Agrarian and Industrial Complex, Far East State Agricultural University, Blagoveshchensk. E-mail: lyudmila0511@mail.ru

**Vinokurov S.A.** – Post-Graduate Student, Chair of Transport and Power Means and Mechanization of Agrarian and Industrial Complex, Far East State Agricultural University, Blagoveshchensk. E-mail: lyudmila0511@mail.ru

*датчик-смеситель кормов с дискретным способом дозирования кормовых смесей свиноматкам при использовании концентратно-корнеплодного типа их кормления. Аналитическим и экспериментальным путем выявлены соответствующие зависимости, а также обоснованы оптимальные параметры раздатчика-смесителя с дискретным типом дозирования смесей свиноматкам. Полученные результаты реализованы в инновационной линии приготовления и раздачи кормовых смесей свиноматкам, которая вследствие своей более высокой эффективности рекомендуется для свиноферм, подлежащих реконструкции.*

**Ключевые слова:** кормораздатчик-смеситель, кормовые смеси, кормушка, свиноматка, шнек кормораздатчика.

*Decisive influence on the efficiency of sows in the period of lactation and successful growing of pigs is rendered by the organization of rational feeding of animals with full-fledged stems at their high efficiency use. The main operations in preparation of full ration fodder mixes to pigs are obligatory preparation of root tubers by their sink or dry cleaning, and also crushing with a certain particle size distribution of the product, receiving uniform mixes with subsequent their dosed delivery to animals according to zootechnical norm. The research objective is the increase of efficiency of functioning of system of the mechanized feeding of sows. The research problems were to develop structurally functional and constructive and technological schemes of limited mobility distributor; analytically and experimentally to prove optimum values of parameters of process of preparation and distribution of fodder mixes to sows; to develop the line of preparation and distribution of fodder mixes with*

use of innovative technological and technical solutions. The justification of parameters of processes of preparation and distribution of fodder mixes to sows is presented in the study. The block diagram of the system of mechanized feeding of sows, and also the constructive and technological scheme of cattlefeeder mixer of screw type are developed. The innovative constructive and technological scheme of the line of preparation and distribution of fodder mixes is offered sows. On the basis of developed schemes and methodological approaches the distributor mixer of forages with a discrete way of dispensing of fodder mixes is offered sows when using concentrated-root tuber type of their feeding. Analytical corresponding dependences are also experimentally revealed, and also optimum parameters of the distributor mixer with discrete type of dispensing of mixes to sows are proved. The received results are realized in the innovative line of preparation and distribution of fodder mixes to sows which owing to higher efficiency are recommended for the pig farms subject to reconstruction.

**Keywords:** cattlefeeder mixer, fodder mixes, feeding trough, sow, cattle feeder screw.

**Введение.** Решающее влияние на продуктивность свиноматок в период лактации и успешное выращивание поросят оказывает организация рационального кормления животных полноценными кормами при высокоэффективном их использовании. Такое кормление животных предусматривает выдачу полнорационных многокомпонентных кормовых смесей в соответствии с их физиологическими потребностями. Исследования ученых и практика показывают, что повышение продуктивности животных достигается в том случае, когда кормовой рацион сбалансирован по всем питательным веществам, а количество корма каждому животному выдается в строгом соответствии с зоотехнической нормой [1, 2].

В то же время известные кормораздатчики ограниченной мобильности допускают высокие погрешности при формировании доз заданной величины и не приспособлены для выдачи животным различных подкормок и кормовых добавок, что влечет за собой значительные производственные расходы кормовых материалов. Прерывистость кормушек, обусловленная тех-

нологией содержания и кормления тяжелосупоросных и подсосных свиноматок, вызывает неизбежные потери кормов в местах их разрыва [1, 2].

Основными операциями при приготовлении полнорационных кормовых смесей свиньям являются обязательная подготовка корнеклубнеплодов путем их мойки или сухой очистки, а также измельчение с определенным гранулометрическим составом продукта, получение однородных смесей с последующей их дозированной выдачей животным в соответствии с зоотехнической нормой [3].

**Цель исследования:** повышение эффективности функционирования системы механизированного кормления свиноматок.

**Задачи исследования:**

- разработать структурно-функциональную и конструктивно-технологическую схемы раздатчика ограниченной мобильности;
- аналитически и экспериментально обосновать оптимальные значения параметров процесса приготовления и раздачи кормовых смесей свиноматкам;
- разработать линию приготовления и раздачи кормовых смесей с использованием инновационных технологических и технических решений.

На основании проведенного анализа разработана формализованная структурная схема системы механизированного кормления свиноматок (рис. 1).

Согласно принятой нами схемы приготовления и раздачи кормовых смесей свиноматкам, данные процессы характеризуются следующими целевыми функциями:

$$\left. \begin{aligned} \theta_{см} &= f(M_{\partial}; W_k; \lambda_i; \rho_i; T_{см}; \Phi_{крп}^c) \rightarrow \max; \\ \delta_p &= f(M_{\partial}; W_c; \lambda_i; v_a; \theta_{см}; T_{ai}; \Phi_{крп}^p) \rightarrow \min; \\ N_{y\partial} &= f(Q_{см}; Q_p) \rightarrow \min, \end{aligned} \right\} (1)$$

где  $M_{\partial}$  – массовая доля кормовых компонентов в смеси;  $W_k$  и  $W_c$  – влажность компонентов и кормовой смеси;  $\lambda_i$  – степень измельчения компонентов;  $\rho_i$  – плотность компонентов;  $T_{см}$  – время смешивания;  $\Phi_{крп}^c$ ,  $\Phi_{крп}^p$  – совокупность конструктивно-режимных параметров смесителя-раздатчика;  $Q_{см}$ ,  $Q_p$  – производительности смесителя и раздатчика.



$Y_{вх}(t_1)$  – совокупность входных параметров на временном отрезке  $t_1$ ;  
 $Y_{вых}(t_2)$  – совокупность выходных параметров на временном отрезке  $t_2$ ;  
 $Y_{вых}(t_3)$  – совокупность выходных параметров на временном отрезке  $t_3$

Рис. 1. Формализованная структурная система механизированного кормления свиноматок

В процессе дальнейшего анализа необходимо раскрыть эти зависимости.

Процесс получения смеси компонентов в смесителе-раздатчике для принятой нами схемы определяется зависимостью общего вида

$$\theta_{см} = f(T_{см}; V; M; \omega_{ш}; C) \rightarrow \max, \quad (2)$$

где  $\theta_{см}$  – показатель однородности смеси;  $T_{см}$  – время смешивания;  $V, M$  – объем и масса компонентов смеси;  $\omega_{ш}$  – угловая скорость вращения шнека;  $C$  – соотношение компонентов в смеси.

Структурная и конструктивно-технологическая схемы мобильного смесителя-раздатчика кормов свиньям представлены на рисунке 2.

С учетом принятых положений, модель получения смеси требуемого качества в ее общем виде, представлена как

$$\frac{dk}{dT_{opt}} = \theta(V_1; M; \omega; c) \rightarrow \max. \quad (3)$$

Производительность смесителя периодического действия определили с учетом фактора времени  $T_{opt}$ :

$$Q_{см} = \frac{M_c \cdot \alpha_1 + M_c \cdot \alpha_2 + \dots + M_c \cdot \alpha_n}{T_{opt}} = \frac{\gamma \cdot \sum_{i=0}^n M_c \cdot \alpha_i}{\ln(i_0/\gamma)}, \quad (4)$$

где  $M$  – масса смеси по рациону;  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  – доля  $i$ -го компонента.

С другой стороны,

$$Q_{см} = \sum_{i=0}^n V_i \cdot \rho_i \cdot z, \quad (5)$$

где  $V_i$  – объем  $i$ -го компонента;  $\rho_i$  – плотность  $i$ -го компонента;  $z$  – количество циклов, совершаемых в 1 час;  $n$  – число смешиваемых компонентов.

Решение полученного уравнения с учетом (4) и (5) относительно  $z$  дает

$$\frac{m \cdot \gamma \cdot \sum_{i=0}^n M_i \cdot \alpha_i}{\ln(i_0/\gamma)} = \sum_{i=0}^n V_i \cdot \rho_i \cdot z, \quad (6)$$

где  $m$  – число выгрузок смесителя в течение 1 часа, откуда

$$z = \frac{m \cdot \gamma \cdot \sum_{i=0}^n M_i \cdot \alpha_i}{\ln(i_0/\gamma) \cdot \sum_{i=0}^n V_i \cdot \rho_i} = \frac{m \cdot \gamma}{\ln(i_0/\gamma)}. \quad (7)$$

Анализом данного уравнения установлено, что число циклов работы машины зависит от его темпа –  $i_0$ .

Годовую производительность с учетом  $M_{см}$  определили на основе коэффициента сменного и годового использования времени  $R_{см}, R_{год}$ :

$$Q_z = Q_{см}^3 \cdot M_{см} \cdot R_{см} \cdot R_{год}. \quad (8)$$

По заданному объему смеси в течение года и режиму работы линии смешивания и раздачи кормовых смесей определили объем одной порции:

$$V = \frac{Q_z}{t_{см} \cdot n_{см} \cdot R_{см} \cdot R_{год}}, \quad (9)$$

где  $t_{см}$  – время смены.

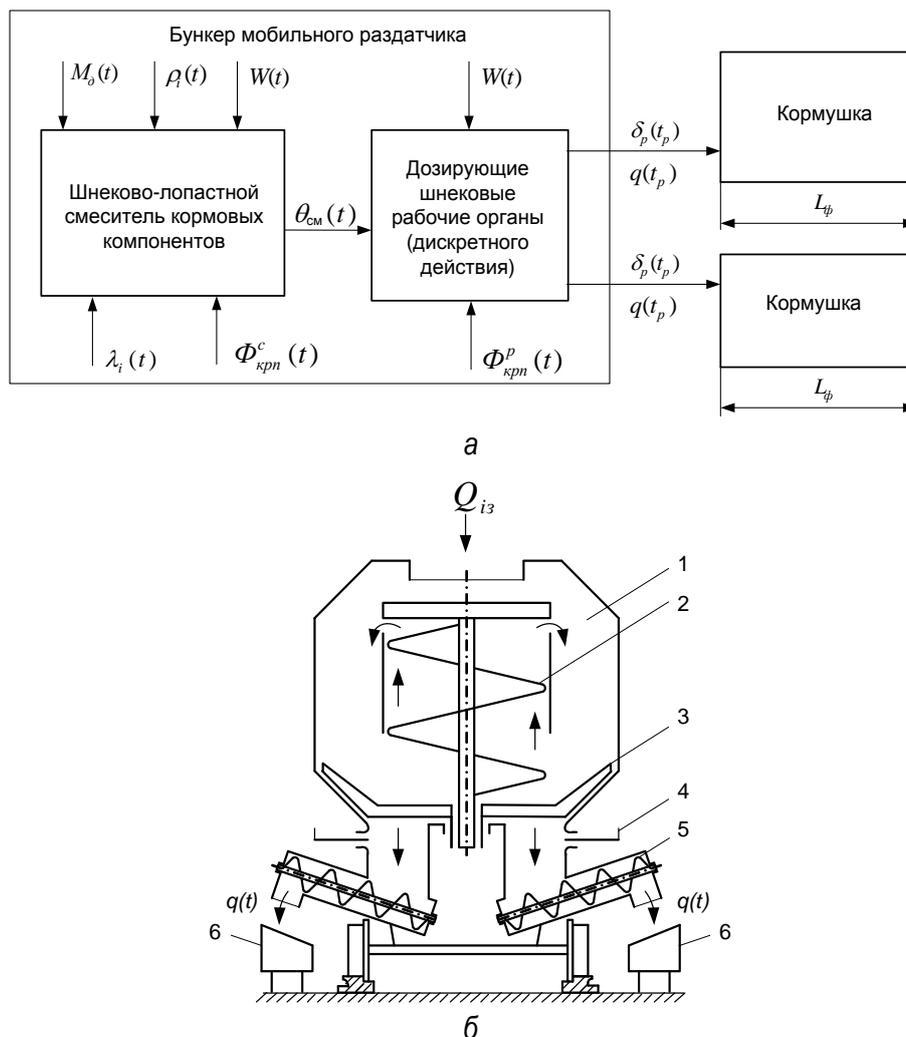


Рис. 2. Структурная (а) и конструктивно-технологическая (б) схемы кормораздатчика-смесителя шнекового типа: 1 – бункер раздатчика-смесителя; 2 – шнековый смеситель; 3 – мешалка; 4 – заслонка; 5 – шнеково-выгрузное дозирующее устройство; 6 – кормушки кормления ( $L_{\phi}$  – длина фронта)

При известном объеме смеси количество смесителей-раздатчиков в линии раздачи составит

$$K_{смр} = \frac{V}{V_{см}} = \frac{V}{\sum_{i=1}^n M_i \cdot \alpha_i}. \quad (10)$$

Производительность кормораздающего электрифицированного агрегата в общем виде можно представить как

$$Q_p = q_n \cdot v_a \cdot T_a \cdot k_э, \quad (11)$$

где  $q_n$  – количество кормовой смеси, выдаваемой на 1 м кормушки;  $v_a$  – скорость движения агрегата;  $T_a$  – продолжительность процесса раз-

дачи;  $k_э$  – коэффициент, учитывающий влияние случайных факторов на процесс раздачи.

Данные факторы оказывают влияние на равномерность выдачи кормовых смесей животным, и поэтому установлена степень их влияния на данный процесс.

На основании ранее проведенных исследований установлено, что случайные величины  $q_n$ ,  $v_a$ ,  $T_a$  имеют нормальный характер распределения. В этой связи плотность распределения  $q_n$ ,  $v_a$ ,  $T_a$  [5]

$$f(q_n; v_a; t_a) = f_1(q_n; v_a) \cdot f_2(t_a). \quad (12)$$

В данном равенстве

$$f_1(q_H; v_a) = -\frac{1}{2 \cdot (1-r^2)} \left[ \frac{(q_H - \bar{q}_H)^2}{\sigma_{q_H}^2} - \frac{2 \cdot r \cdot (q_H - \bar{q}_H) \cdot (v_a - \bar{v}_a)}{\sigma_{q_H} \cdot \sigma_{v_a}} + \frac{(v_a - \bar{v}_a)^2}{\sigma_{v_a}^2} \right] = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sigma_{q_H} \cdot \sigma_{v_a} \cdot \sqrt{1-r^2}} \cdot e, \quad (13)$$

$$a f_2(t_a) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma_m} \cdot e^{-\frac{0,5 \cdot (t_a - \bar{t}_a)^2}{\sigma_m^2}}, \quad (14)$$

где  $q_H$ ;  $\bar{q}_H$ ;  $\sigma_{q_H}$ ;  $v_a$ ;  $\bar{v}_a$ ;  $\sigma_{v_a}$ ;  $t_a$ ;  $\bar{t}_a$ ;  $\sigma_m$  – соответствующие текущие, средние и стандартные отклонения случайных величин  $q_H$ ,  $v_a$  и  $T_a$ ;  $r$  – коэффициент корреляции;  $k_{q_H, v_a}$  – корреляционный момент случайных величин  $q_H$  и  $v_a$ . Математическое ожидание случайных величин

$$M[q_H \cdot v_a \cdot T_a] = M[q_H \cdot v_a] \cdot M[T_a] = \{M[q_H] \cdot M[v_a] + k_{q_H, v_a}\} \cdot M[T_a] = \bar{q}_H \cdot \bar{v}_a \cdot \bar{t}_a + k_{q_H, v_a} \cdot \bar{t}_a. \quad (15)$$

Дисперсию произведения  $q_H \cdot v_a \cdot T_a$  определим как

$$D[q_H \cdot v_a \cdot T_a] = M[q_H^2 \cdot v_a^2 \cdot T_a^2] - M^2[q_H \cdot v_a \cdot T_a] = M[T_a^2] \cdot M[q_H^2 \cdot v_a^2] - M^2[q_H \cdot v_a \cdot T_a] = \{D[T_a] + M^2[T_a]\} \cdot \{D[q_H \cdot v_a] + M^2[q_H \cdot v_a]\} - M^2[q_H \cdot v_a \cdot T_a]. \quad (16)$$

Учитывая, что

$$M^2[q_H \cdot v_a \cdot T_a] = M^2[q_H \cdot v_a] \cdot M^2[T_a], \quad (17)$$

можно записать

$$D[q_H \cdot v_a \cdot T_a] = D[T_a] \cdot D[q_H \cdot v_a] + M^2[q_H \cdot v_a] \cdot D[T_a] + M^2[T_a] \cdot D[q_H \cdot v_a] = (\sigma_m^2 + \bar{t}_a^2) \cdot D[q_H \cdot v_a] + \sigma_m^2 \cdot (\bar{q}_H \cdot \bar{v}_a + k_{q_H, v_a})^2. \quad (18)$$

При этом математическое ожидание величины  $q_H^2 \cdot v_a^2$

$$M[q_H^2 \cdot v_a^2] = \iint_{-\infty}^{+\infty} q_H^2 \cdot v_a^2 \cdot f_1(q_H \cdot v_a) dq_H \cdot dv_a. \quad (19)$$

Преобразование данного выражения дает

$$M[q_H^2 \cdot v_a^2] = 2 \cdot r^2 \cdot \sigma_{q_H}^2 \cdot \sigma_{v_a}^2 + \sigma_{q_H}^2 \cdot \sigma_{v_a}^2 + 4 \cdot r \cdot \bar{v}_a \cdot \bar{q}_H \cdot \sigma_{q_H} \cdot \sigma_{v_a} + \bar{q}_H^2 \cdot \bar{v}_a^2 + \bar{q}_H^2 \cdot \sigma_{v_a}^2 + \bar{v}_a^2 \cdot \sigma_{q_H}^2.$$

И, в конечном итоге,

$$D[q_H \cdot v_a] = (1 + r^2) \cdot \sigma_{q_H}^2 \cdot \sigma_{v_a}^2 + 2 \cdot r \cdot \bar{q}_H \cdot \bar{v}_a \cdot \sigma_{q_H} \cdot \sigma_{v_a} + \bar{q}_H^2 \cdot \sigma_{v_a}^2 + \bar{v}_a^2 \cdot \sigma_{q_H}^2, \quad (20)$$

$$D[q_H \cdot v_a \cdot T_a] = (\sigma_m^2 + \bar{t}_a^2) \cdot (\sigma_{q_H}^2 \cdot \sigma_{v_a}^2 + k_{q_H, v_a}^2 + 2 \cdot \bar{q}_H \cdot \bar{v}_a \cdot k_{q_H, v_a} + \bar{q}_H^2 \cdot \sigma_{v_a}^2 + \bar{v}_a^2 \cdot \sigma_{q_H}^2) + \sigma_m^2 \cdot (\bar{q}_H \cdot \bar{v}_a + k_{q_H, v_a}). \quad (21)$$

Соответственно, коэффициент вариации представим следующими выражениями:

$$\delta_p = \pm \frac{\sqrt{D[q_H \cdot v_a]}}{Q_p} \cdot 100\%; \quad (22)$$

$$\delta_p^t = \pm \frac{\sqrt{D[q_H \cdot v_a \cdot T_a]}}{Q_p} \cdot 100\%. \quad (23)$$

Анализ выражений (22) и (23) показывает, что для точного дозирования необходимо соблюдение строгого равенства величины подачи всех структурных элементов (рис. 2, а).

$$Q_{зад} = Q_i = const = \rho_i \cdot F_i \cdot v_i. \quad (24)$$

Таким образом, при  $Q_{зад}(t) = Q_i(t) = const$  имеем

$$\int_{t_0}^{\Delta t} Q(t) dt - Q_{зад} \cdot \Delta t \leq \delta_p, \quad (25)$$

где  $\int_{t_0}^{\Delta t} Q(t) dt = q_{cp}$  – фактическая доза, кг;  $Q_{зад} \cdot \Delta t = q_H$  – заданная норма выдачи, кг.

Допускаемое отклонение нормы выдачи корма  $\pm \delta_p$  назначается согласно зоотехническим требованиям к кормораздающим машинам [1].

Продолжительность формирования дозы равна

$$t = \frac{4 \cdot q_H}{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot s \cdot n \cdot \rho \cdot k_B \cdot k_h \cdot k_w}, \quad (26)$$

где  $D$  и  $d$  – наружный диаметр и диаметр вала шнека соответственно, м;  $s$  – шаг винта, м;  $n$  – число оборотов винта, об/мин;  $k_B$  – коэффициент, учитывающий угол наклона шнековой лопа-

сти;  $k_h$  – безразмерный коэффициент, определяемый из соотношения  $k_{h_i} = \frac{Q_{h_i}}{Q_{h_b}}$ ;  $k_w$  – коэффициент, определяемый соотношением  $k_{w_i} = \frac{Q_{w_i}}{Q_{w_b}}$ .

На этапе изучения процесса смешивания компонентов корнеплодно-концентратного рациона свиней, путем априорного ранжирования были выделены следующие факторы:  $\omega_{ш}, c^{-1}$  – угловая скорость вращения вертикального шнека смесителя раздатчика;  $\lambda_H$  – степень измельчения корнеплодов куузик;  $t_{см}, мин$  – продолжительность смешивания.

За критерии оптимизации для данного процесса смешивания приняты:  $\theta, \%$  – однородность смеси компонентов;  $N_{уд}, \frac{кВт \cdot ч}{т}$  – энергоёмкость процесса смешивания.

Проведенный анализ позволил построить модели в их раскодированном виде:

$$\theta_{см} = -3710,6 + 14,186 \cdot \omega_{ш} + 18,713 \cdot \lambda_H + 7,245 \cdot t_{см} - 0,840 \cdot \omega_{ш}^2 - 0,023 \cdot \lambda_H^2 - 0,671 \cdot t_{см}^2 \rightarrow max, \quad (27)$$

$$N_{уд} = 11,722 + 0,0033 \cdot \omega_{ш} - 0,0057 \cdot \lambda_H - 0,0025 \cdot t_{см} - 0,00025 \cdot \omega_{ш} \cdot \lambda_H + 0,004 \cdot \omega_{ш}^2 + 0,000073 \cdot \lambda_H^2 + 0,00026 \cdot t_{см}^2 \rightarrow min. \quad (28)$$

Решение данных уравнений позволило определить оптимальные значения параметров процесса смешивания: угловая скорость вращения вертикального шнека  $\omega_{ш} = 7,7 - 8,5 c^{-1}$ ; степень измельчения корнеплодов  $\lambda_H = 398 - 404$ ; продолжительность смешивания кормовых компонентов  $t_{см} = 4,7 - 5,4$  мин, при которых  $\theta_{см} = 98,9 \%$  и  $N_{уд} = 0,158$  (кВт · ч)/т.

Согласно разработанному методическому подходу, эффективность работы бункерного раздатчика кормов со шнековыми дозирующе-выгрузными устройствами оценивали неравномерностью дозированной выдачи кормовой смеси –  $\delta_p, \%$ .

Для практического использования получено следующее уравнение:

$$\delta = 44,785 - 1,3539 \cdot \omega - 0,56653 \cdot \psi - 0,14897 \cdot \varphi - 292,210 \cdot L + 0,0070947 \cdot \omega \cdot \varphi + 0,0125 \cdot \psi^2 + 0,0003003 \cdot \varphi^2 + 1168,8 \cdot L^2 \rightarrow min. \quad (29)$$

Минимальное значение неравномерности дозирования корма составляет  $\delta = 2,09 \%$ , при этом параметры равны: частота вращения шнека  $\omega = 8,37 c^{-1}$ , угол наклона шнековой лопасти  $\psi = 22,7^\circ$ , угол раствора выгрузного окна  $\varphi = 149,2^\circ$  и длина выгрузного окна  $L = 0,125$  м [1].

Изучение влияния подачи дозирующе-выгрузного устройства на затраты мощности

при выдаче готовой смеси путем анализа зависимостей, представленных на рисунке 3, а, показывает, что зависимость подачи устройства от частоты вращения шнека носит линейный характер.

Зависимости мощности, затрачиваемой на процесс дозированной выдачи корма от величины подачи шнека, представлены на рисунке 3, б [1].

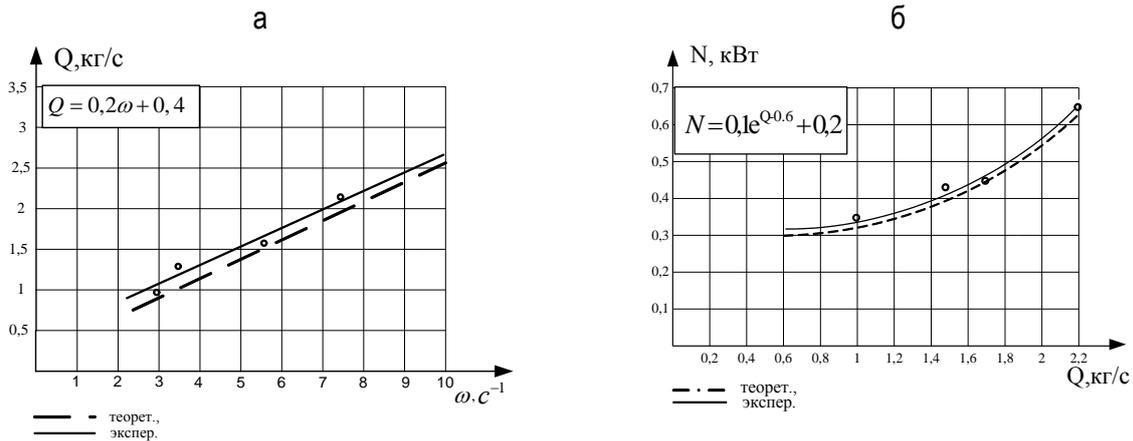


Рис. 3. Теоретические и экспериментальные зависимости  $Q = f(\omega)$  (а) и  $N = f(Q)$  (б)

При анализе зависимости установлено, что при увеличении подачи шнека мощность возрастает. Графически установим расход мощно-

сти, затрачиваемой на выдачу определенной нормы корма [1].

На рисунке 4 представлена конструктивно-технологическая схема инновационной линии.

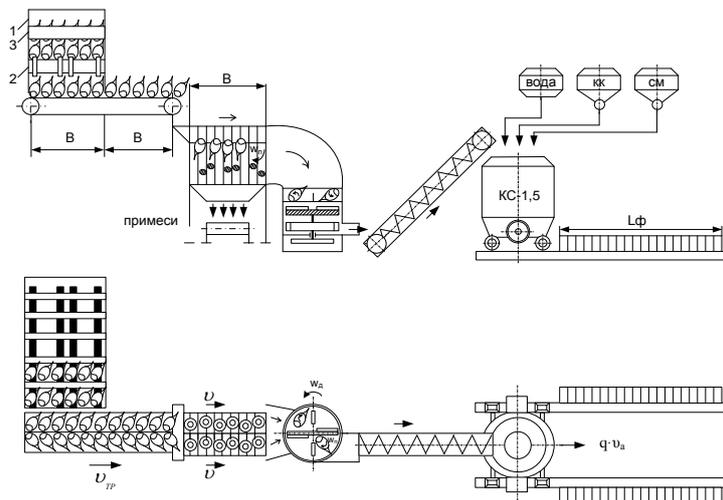


Рис. 4. Схема предложенной линии с совокупностью размещенного оборудования

Предложенные инновационные технологические и технические решения реализованы в линии приготовления и раздачи кормовых смесей свиноматкам (см. рис. 4) [4].

**Вывод.** На основе разработанных схем и методологических подходов предложен раздатчик-смеситель кормов с дискретным способом дозирования кормовых смесей свиноматкам при использовании концентратно-корнеплодного типа их кормления. Аналитическим и экспериментальным путём выявлены соответствующие зависимости, а также обоснованы оптимальные параметры раздатчика-смесителя с дискретным типом дозирования смесей свиноматкам.

Полученные результаты реализованы в инновационной линии приготовления и раздачи кормовых смесей свиноматкам, которая, вследствие своей более высокой эффективности, рекомендуется для свиноферм, подлежащих реконструкции.

### Литература

1. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных: справочник / под ред. В.А. Крохиной. – М.: Агропромиздат, 1990. – 304 с.
2. Крючкова Л.Г. Совершенствование процесса работы дозирующе-выгрузных устройств шнекового типа бункерного раздатчика-

- смесителя: дис. ... канд. техн. наук. – Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2007. – 146 с.
3. *Алешкин В.Р., Рошин П.М.* Механизация животноводства. – М: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
  4. Пат. РФ №2486761. Способ приготовления кормового продукта / *Доценко С.М., Крючкова Л.Г.* Оpubл. в Б.И. № 19 от 10.07.2013 г.
  5. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. – М.: Наука, 1964. – 576 с.
  2. *Krjuchkova L.G.* Sovershenstvovanie processa raboty dozirujushhe-vygruznyh ustrojstv shnekovogo tipa bunkernogo razdatchika-smesitelja: dis. ... kand. tehn. nauk. – Blagoveshensk: Izd-vo Dal'GAU, 2007. – 146 s.
  3. *Aleshkin V.R., Roshhin P.M.* Mehanizacija zhivotnovodstva. – M: Agropromizdat, 1985. – 336 s.
  4. Pat. RF №2486761. Sposob prigotovlenija kormovogo produkta / *Docenko S.M., Krjuchkova L.G.* Opubl. v B.I. № 19 ot 10.07.2013 g.
  5. *Ventcel' E.S.* Teorija verojatnostej. – M.: Nauka, 1964. – 576 s.

#### Literatura

1. *Kombikorma, kormovye dobavki i ZCM dlja zhivotnyh: spravochnik / pod red. V.A. Krohinoj.* – M.: Agropromizdat, 1990. – 304 s.

УДК 629.114.2

*Н.И. Селиванов, В.С. Романов,  
В.Н. Запрудский*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНО-ПРОПАШНЫХ ТРАКТОРОВ СЕРИИ «БЕЛАРУС 1221» В ЗОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПОЧВООБРАБОТКИ

*N.I. Selivanov, V.S. Romanov,  
V.N. Zaprudsky*

### THE USE OF UNIVERSAL TILLING TRACTORS OF THE SERIES "BELARUS 1221" IN ZONAL TECHNOLOGIES OF SOIL PROCESSING

**Селиванов Н.И.** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru

**Романов В.С.** – магистрант каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: vova\_romanov\_00@mail.ru

**Запрудский В.Н.** – канд. техн. наук, доц. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zaprudskii@listl.ru

**Selivanov N.I.** – Dr. Techn. Sci., Prof., Head, Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: info@kgau.ru

**Romanov V.S.** – Magistrate Student, Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: vova\_romanov\_00@mail.ru

**Zaprudsky V.N.** – Cand. Techn.Sci., Assoc. Prof., Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: zaprudskii@listl.ru

Проведен анализ состояния и перспективы обновления парка универсально-пропашных тракторов в агропромышленном комплексе Красноярского края. Установлено существенное расширение в последние годы рынка колесных тракторов серии «Беларус 1221» мощностью 96-105 кВт, которые в ближайшей перспективе должны составить основу мобильных энергетических средств 2,0 тягового

класса. Для повышения эффективности адаптации разных модификаций тракторов этой серии к зональным технологиям почвообработки по результатам моделирования и эксперимента обоснованы рациональные тягово-скоростные диапазоны использования и оптимальные значения основного показателя технологичности – удельной массы на операциях основной обработки почвы разных по