

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОСНОВЫ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СМЕСИТЕЛЯ-РАЗДАТЧИКА КОРМОВ

С.И.Воронцов¹, И.И.Воронцов²

*Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики (СПб ГУСЭ),
191015, Санкт-Петербург, ул. Кавалергардская, 7, лит. А.*

Разработаны структурная и технологическая схемы, технологические показатели работы и представлена модель функционирования смесителя-раздатчика кормов и обоснованы конструктивные и режимные параметры его рабочих органов.

Ключевые слова: смеситель-раздатчик, нижний выгрузной шнек, лопасть-нож, корма, кормовая смесь, накопление, смешивание, транспортирование, выдача.

THEORETICAL BASES OF THE WORKERPROCESS OF THE MIXER DISTRIBUTOR OF FORAGES

S.I.Vorontsov, I.I.Vorontsov
*St. Petersburg State University of Service and Economics (SPbSUSE)
191015, St. Petersburg, st. Kavalergardsky, 7, lit. A.*

Development of structural and technological schemes, technological performance and a model of the functioning Mixer Wagons and reasonable design and operational parameters of its working bodies.

Keywords: mixer-distributor, bottom unloading auger, blade knife, feed, feed mixture, storage, blending, shipping, delivery.

Обоснование структурной и технологической схемы шнекового смесителя-раздатчика кормов.

Смеситель-раздатчик кормов должен включать следующие рабочие органы и узлы: шасси, бункер-смеситель с выгрузным окном, выгрузной транспортер. Каждый из рабочих органов раздатчика-смесителя кормов выполняет определенные функции. Смеситель-раздатчик кормов должен быть периодического действия и предназначен для накопления компонентов кормов, активного их перемешивания и выдачи готовой кормосмеси. Проведенный анализ конструктивных схем смесителей-раздатчиков кормов, выпускаемых в нашей стране и за рубежом, указывает на целесообразность создания смесителей-раздатчиков кормов с объемом бункера-смесителя 5, 7, 10 м³. На основании анализа исследований, трехшнековые смесители имеют наибольшую равномерность смешивания компонентов кормов и сравнительно низкую энергоемкость. Принимаем бункер-смеситель шнекового типа с горизонтально расположенными внутри него одним нижним и двумя верхними шнеками. Верхние шнеки предназначены для захвата корма от передней стенки и подачи его к задней стенке на нижний выгрузной шнек. Нижний шнек необходимо выполнить так, чтобы он был расположен под верхними шнеками, строго посередине. При выборе бункера-смесителя руководствовались тем, что расположенный в нем нижний (выгрузной) шнек должен обеспечивать равномерную подачу корма или кормосмеси через выгрузное окно на выгрузное устройство. Прицепная машина может работать в агрегате с трактором класса 14

кН. Необходимо, чтобы привод рабочих органов и его гидросистема осуществлялись от вала отбора мощности (ВОМ) и гидросистемы трактора. Следовательно, такое исполнение смесителя-раздатчика кормов позволит достичь простоты в изготовлении, соответствия требованиям зоогигиены, высокой надежности и экономической эффективности от его применения. Из анализа ряда проведенных исследований можно сделать вывод, что возможности работы раздатчика-смесителя кормов для приготовления кормосмесей для крупного рогатого скота раскрыты не полностью [1,2,3].

С учетом положительных качеств мобильных и стационарных средств механизации приготовления кормосмесей и была поставлена задача по совершенствованию смесителя-раздатчика кормов для ферм крупного рогатого скота. Следовательно, необходимо выбрать шасси, на котором требуется установить бункер-смеситель с рабочими органами и выгрузным окном, которые обеспечат качественное смешивание компонентов кормов и выгрузное устройство (цепочно-планчатый транспортер или шнек) обеспечивающее норму выдачи кормосмеси и оперативную настройку выгрузного устройства на заданную норму, не прерывая движения смесителя-раздатчика кормов.

Исходя из изложенного, структурную схему смесителя-раздатчика кормов можно представить в следующем виде (рис. 1): шасси, бункер-смеситель компонентов кормов с рабочими органами (шнеки) и выгрузное устройство.

Технологическая схема приготовления кормосмеси шнековым смесителем-раздатчиком кормов представлена на рис. 2

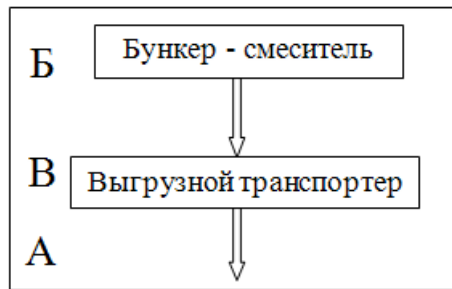


Рисунок 1. Структурная схема шнекового смесителя-раздатчика кормов: А – шасси; Б – бункер-смеситель; В – выгрузный транспортер.

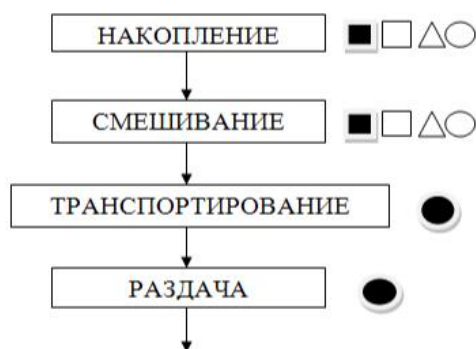


Рисунок 2. Технологическая схема приготовления кормосмеси шнековым смесителем-раздатчиком кормов: ■ – грубые корма (сено, солома); □ – сочные корма (силос, сенаж); △ – корнеплоды; ○ – концентрированные корма; ● – кормовая смесь.

Основные технологические показатели работы шнекового смесителя-раздатчика кормов. К показателям, определяющим технологические характеристики смесительных установок, относятся: производительность смесителя 15 – 20 т/ч; технологическая (полезная) вместимость смесителя, т.е. емкость фактического перемешивания 5, 7, 10 м³; продолжительность смешивания – время достижения нижнего порога изменчивости статистических характеристик качества смешивания (среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации) 10-15 мин. К конструкции и режимам рабочих органов смесителей предъявляются и другие требования, такие, как отсутствие застойных зон и сепарации смеси по гранулометрическому составу, быстрое опорожнение (для порционных), которые обеспечивают при разработке смесителя для конкретных условий с учетом физико-механических свойств компонентов кормов.

В связи с этим в настоящей работе необходимо обосновать конструктивные и режимные параметры смесителя-раздатчика кор-

мов, обеспечивающего наибольшую производительность процесса смешивания при заданном показателе его неравномерности.

Модель функционирования шнекового смесителя-раздатчика кормов. Решение проблемы совершенствования технологии основывается на системном подходе к исследованию и взаимосвязи комплекса процессов в механизированной поточной линии приготовления и раздачи кормосмеси.

С позиции системного подхода технологический процесс смешивания компонентов кормов и выдачу готовой кормосмеси можно представить в виде модели детерминированной системы (рис. 3).

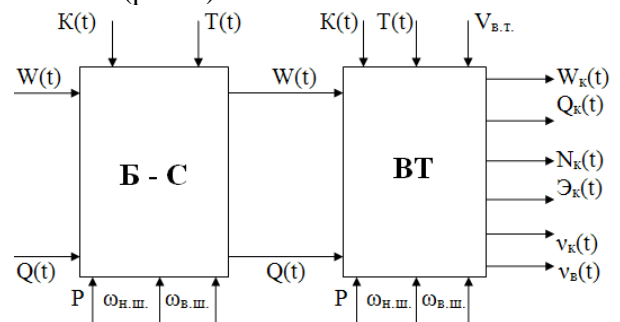


Рисунок 3. Модель функционирования шнекового смесителя-раздатчика кормов

Целостность системы определяется как совокупность объектов: бункера-смесителя (Б - С) и выгрузного транспортера (ВТ). Входы и выходы системы различаются по материальному, энергетическому и информационному характеру. В данном случае, в модели входными воздействиями приняты переменные, определяющие условия работы шнекового смесителя-раздатчика кормов (его производительность $Q(t)$ и влажность кормосмеси $W(t)$).

На входные показатели исследуемых объектов оказывают влияние внешние помехи, такие как состояние кормового сырья $K(t)$, температура окружающей среды $T(t)$ и управляющие воздействия: давление кормового сырья в бункере-смесителе P , частота вращения нижнего выгрузного шнека $\omega_{н.ш.}$, частота верхних шнеков $\omega_{в.ш.} = \omega_{в.ш1.} = \omega_{в.ш2.}$, ширина и высота выгрузного окна $a_{в.о.}$, $b_{в.о.}$ и скорость движения выгрузного транспортера $V_{в.т.}$

Выходными параметрами принята влажность приготавливаемой кормосмеси $W_k(t)$, потребляемая мощность и энергоёмкость процесса приготовления кормосмеси $N_k(t)$ и $\mathcal{E}_k(t)$, неоднородность кормосмеси $v_k(t)$ и неравномерность ее выдачи $v_b(t)$. Внутри системы существует определенная связь между исследуемыми объектами, где выход предыдущего элемента по влажности и производительности является входным последующего. Предложенная технология и техническое средство приготовления и раздачи кормосмеси животным за-

щищены патентом №2181937 «Лопасть-нож смесителя» [6].

Теоретическое обоснование конструктивных и режимных параметров рабочих органов смесителя-раздатчика кормов. Проведенные нами предварительные исследования процесса смешивания кормов в трехшнековом раздатчике-смесителе периодического действия подтверждают вышеуказанное утверждение о большом расходе энергии, а после выдачи корма обнаружены застойные зоны. В связи с образованием застойных зон и увеличением энергоемкости процесса смешивания компонентов кормов, в данном смесителе появилась необходимость в разработке предложений по изменению элементов конструкции нижнего выгрузного шнека смесителя.

Схема циркуляции кормов в процессе их смешивания в предлагаемом смесителе-раздатчике кормов – двухконтурная (рис. 4).

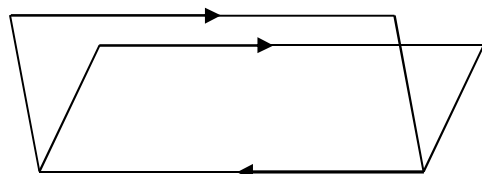


Рисунок 4. Схема циркуляции кормов в смесителе-раздатчике

Обоснование элементов конструкции нижнего выгрузного шнека смесителя. В последнее время для приготовления кормосмесей применяют порционные циркуляционные смесители с горизонтальными шнековыми рабочими органами [4].

Между тем, до сих пор отсутствует научное обоснование необходимых оптимальных размеров для рабочих органов смесителя-раздатчика кормов. Это приводит к появлению значительной и вряд ли оправданной разнотипности (по данно-

му конструктивному признаку) рассматриваемого технического устройства.

С целью повышения эффективности технологического процесса смешивания и раздачи кормов порционным циркуляционным смешиванием, разработан трехшнековый смеситель-раздатчик кормов, выгрузное окно которого расположено в передней части бункера, что уменьшает габариты машины и облегчает оператору наблюдение за раздачей кормосмеси. В связи с этим в настоящей работе на базе опытного образца сделана попытка обосновать элементы конструктивных параметров рабочих органов смесителя-раздатчика кормов. Исследуемый смеситель-раздатчик кормов состоит из следующих основных составных частей: бункера, нижнего выгрузного шнека, двух верхних шнеков, выгрузного окна и транспортера, заслонки, лотка, коробки цепных передач, колесной пары, тормозной системы. Нижний выгрузной шнек (рис. 5, а, б) состоит из трубы (наружный диаметр $d_n = 180$ мм), на концах которой приварены цапфы. К трубе приварены витки шнека толщиной $B_n = 8$ мм с правой и левой навивкой, шаг витка $S_n = 600$ мм, а диаметр витков $D_n = 600$ мм. Участок выгрузного шнека, расположенный в зоне выгрузного окна, выполнен с установленными по винтовой линии на его полом валу лопастями-ножами, которые закреплены под углом $40-50^\circ$ к радиальной плоскости поперечного сечения полого вала. При этом указанный участок выгрузного шнека выполнен длиной, соответствующей $1/5-1/6$ длины данного шнека, и расположен от передней стенки бункера на расстоянии, превышающем диаметр витков выгрузного шнека. Верхние шнеки расположены вдоль боковых стенок бункера и состоят из трубы $d_b = 160$ мм с приваренными цапфами на концах и приваренными витками, толщиной $B_b = 6$ мм, диаметром $D_b = 580$ мм, которые имеют правую и левую навивку.

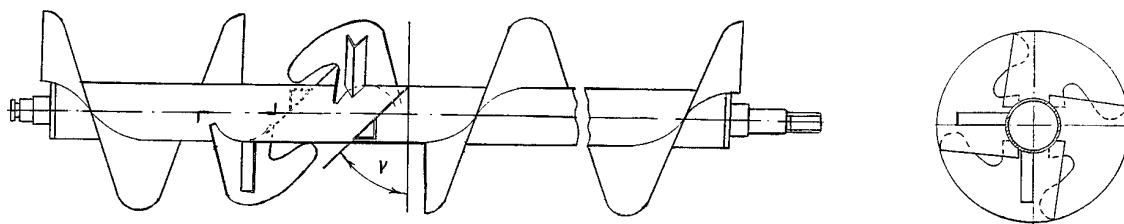


Рисунок 5. Нижний выгрузной шнек смесителя-раздатчика кормов

Оба верхних шнека на концах имеют отбивные витки для предотвращения прессования массы на торцевые стенки кузова. В промежутках перед отбивными витками жестко закреплены пальцы-ворошители. Привод осуществляется от вала отбора мощности трактора (ВОМ) посредством карданной передачи к шкафу цепных передач, а от последнего к шнекам.

Обоснование формы лопасти-ножа шнекового смесителя. Для достижения максимальной однородности смеси, интенсификации процесса перемешивания, сокращения зоны смешивания, снижения энергоемкости процесса по-

току частиц перемешиваемых компонентов необходимо обеспечить интенсивное их перераспределение. Существуют различные типы перемешивающих устройств: ленточные, лопастные, шнековые и с псевдооживленным слоем. Для реализации технологического процесса приготовления и последующей выгрузки кормосмеси в существующих технологических средствах используют шнековые устройства. В отдельных работах доказано, что при определенных условиях шнековые устройства обеспечивают перемешивание компонентов смеси. При этом полагают, что вращающийся шнек эквивалентен непрерывной наклон-

ной плоскости, по которой, под действием системы сил, материал перемещается в постоянном объеме в виде постоянно пересыпающегося тела волочения. Геометрические параметры этого тела зависят от наполнения шнека, физико-механических свойств материала, параметров шнека и режима работы.

Приведенные Григорьевым А.М. наблюдения свидетельствуют о том, что если угол наклона элементарных площадок, образующих винтовую поверхность, к горизонту α , будет примерно равен приведенному углу трения λ смеси о поверхность шнека [$\alpha = (0,9-1,1)\lambda$], то наступит момент, когда материал подхватывается вращающимся шнеком и перемещается в определенную область на поверхности шнека. Граница области, ее величина и форма зависят от коэффициентов заполнения и трения, от диаметра и шага шнека и скорости его вращения. Частицы из критического положения начинают сползать вниз по поверхности, образованной перемещающимися другими частицами. Затем процесс повторяется снова. При таком интенсивном неравномерном возвратно-поступательном колебательном движении частиц происходит активное перераспределение смешиваемых компонентов между собой лопастями-ножами шнека (рис. 6).

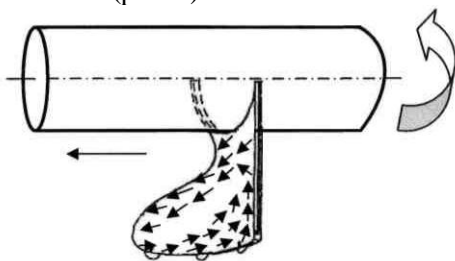


Рисунок 6. Схема активного перераспределения смешиваемых компонентов кормов

Рассмотрим условие, при котором частица, достигнув критического положения, будет сползать вниз. На частицу, находящуюся на лопасти-ноже нижнего выгрузного шнека, действует (рис. 7,а,б) сила тяжести mg , центробежная сила $m\omega^2 R$ и сила Кориолиса $F_k = 2m\omega_n V_0 \sin(\omega_n V_0)$.

Разложим силу тяжести на силу нормального давления на лопасти-нож шнека $mg \sin \alpha$ и силу, касательную к лопасти-ножу шнека $mg \cos \alpha$, а центробежную силу $m\omega^2 R$ на силу нормального давления на лопасть-нож шнека $m\omega^2 R \cos \varphi \cos \alpha$, где φ – угол подъема частиц ($\varphi = 65...75^\circ$). Сила нормального давления $mg \sin \alpha$ вызывает силу трения $f mg \sin \alpha$, а сила $m\omega^2 R \cos \varphi \sin \alpha$ – силу трения $f m\omega^2 R \cos \varphi \sin \alpha$.

Сила Кориолиса направлена нормально к лопасти-ножу шнека и равна $2m\omega_n V_0 \sin(\omega_n V_0)$, где: ω_n – угловая скорость переносного движения материальной точки; V_0 – относительная скорость материальной точки (скорость скольжения по винтовой поверхности).

В первом приближении примем, что $\omega_n = \omega$, а $V_0 = \frac{R}{\cos \alpha} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{R}{\cos \alpha} \omega$; $\sin(\omega_n V_0) = \sin(90$

– $\alpha)$, тогда сила Кориолиса будет $2m\omega^2 R$ и вызовет силу трения $2f m\omega^2 R$.

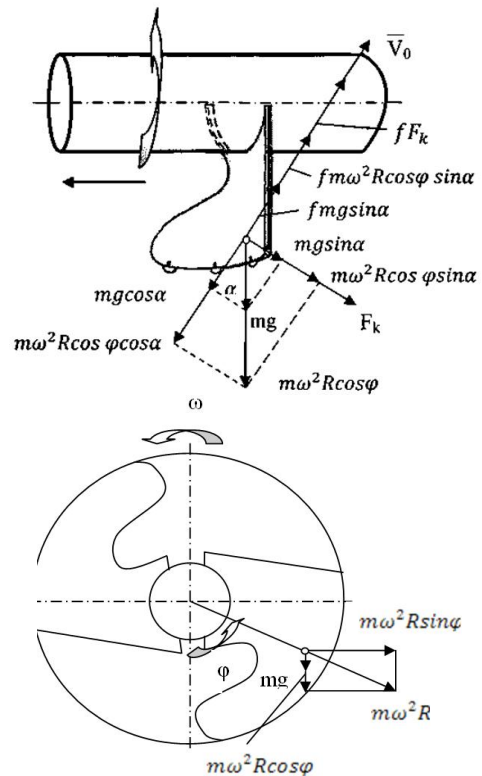


Рисунок 7 – Схема распределения сил, действующих на частицу, на поверхности лопасти-ножа нижнего выгрузного шнека

Сползание частиц возможно, если (1):

$$mg \cos \alpha + m\omega^2 R \cos \varphi \cos \alpha \geq f mg \sin \alpha + f m\omega^2 R \cos \varphi \sin \alpha + 2f m\omega^2 R, \quad (1)$$

где: m – масса частиц; ω – угловая скорость шнека, 1/с; R – радиус шнека; f – коэффициент трения (движения) в слоях перемешиваемых частиц; α – угол подъема винтовой линии.

Максимально допустимая скорость вращения шнека (2):

$$\omega_{\min} = \sqrt{\frac{g(f \sin \alpha - \cos \alpha)}{R(\cos \varphi \cos \alpha - f \cos \varphi \sin \alpha - 2f)}} \quad (2)$$

Производительность шнекового смесителя периодического действия описывается уравнением (3):

$$Q = \pi \frac{D^2 - d^2}{2} \omega S \gamma \psi, \text{ кг/с}, \quad (3)$$

где: D – наружный диаметр шнека, мм; d – диаметр вала шнека, мм; γ – плотность корма, кг/см³; ψ – коэффициент производительности.

Коэффициент производительности ψ показывает величину той части объема материала, которая движется к зоне разгрузки с каждым оборотом шнеков с лопастями-ножами и которая определяет истинную производительность устройства. Коэффициент производительности ψ зависит от формы частиц, коэффициента трения материала о поверхность лопастей-ножей шнека и

бункера смесителя-раздатчика кормов, от угла естественного откоса, от параметров шнека, количества шнеков и режима работы. Величина коэффициента производительности определяется экспериментально. Известно, что

$$S = \pi D \operatorname{tg} \alpha, \text{ мм;} \quad (4)$$

$$d = (0,2 \dots 0,25) D, \text{ мм.} \quad (5)$$

Подставляя в уравнение (3) значение соответствующих параметров из выражения (2), (4) и (5) и решая относительно D , имеем

$$D = \sqrt{\frac{2g(f \sin \alpha - \cos \alpha)}{\cos \varphi \cos \alpha - f \cos \varphi \sin \alpha - 2f}} \quad (6)$$

Полученные уравнения (2) и (6) позволяют определить по заданной производительности шнекового смесителя кормов основные параметры шнековых рабочих органов и режим их работы, при которых достигается максимальная однородность смеси, сокращается зона смешивания, снижается энергоемкость процесса. Для смесителя с несколькими шнеками (7):

$$Q_n = n \cdot Q, \quad (7)$$

где n – количество шнеков.

Недостатком перемешивания кормов только шнековыми рабочими органами является наличие ограничений на допустимую скорость вращения, и, как следствие, ограничение производительности при определенных конструктивных размерах рабочего органа. Эффективность перемешивания можно повысить, создав в определенной зоне шнека активное перемешивание мешалочного типа, то есть ввести лопасти-ножи. Кроме того, если поместить лопасти-ножи в зону выгрузного окна, можно повысить эффективность выгрузки. Поэтому, вносимые изменения в конструкцию нижнего выгрузного шнека экспериментального смесителя-раздатчика кормов должны обеспечивать следующие технологические требования: лопасти-ножи не должны препятствовать передвижению массы корма по бункеру; лопасти-ножи должны обеспечивать хорошее перемешивание компонентов кормов; лопасти-ножи должны обеспечивать хорошую и полную выгрузку кормосмеси на выгрузной транспортер в зоне выгрузного окна. Все эти требования можно выдержать геометрической формой лопасти-ножа и углом его установки (рис. 8).

Исходя из этого, можно предположить, что зона, где установлены лопасти-ножи, должна: перекрывать сечение наружного диаметра шнека; перекрывать зону выгрузного окна; лопасти-ножи устанавливаются с определенным интервалом для повышения эффективности перемешивания при движении корма.

Наиболее технологично лопасти-ножи изготавливать из плоских листов стали, и устанавливать под определенным углом γ (рис. 8,а.) по отношению к осевой линии шнека. Тогда, из условия перекрытия сечения наружного диаметра шнека, лопасти-ножи должны представлять сегмент эллипса (8), с размерами, зависящими от их количества (рис. 8, б).

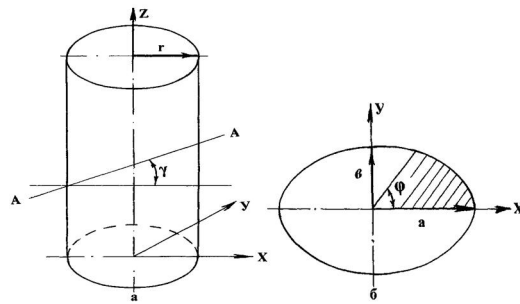


Рисунок 8. К расчету формы лопасти-ножа шнекового смесителя: а – цилиндр; б – сегмент.

Поскольку лопасти устанавливают в зоне выгрузного окна, в качестве исходных данных для определения формы лопастей будем принимать: L – длина выгрузного окна, мм; r – наружный радиус витков шнека, мм; n – количество лопастей-ножей, шт.

В простейшем случае форма лопасти-ножа будет представлять площадку, ограниченную линиями (2.9):

$$\left. \begin{aligned} y &= 0; & x &= 0; \\ y &= \operatorname{tg} \varphi \cdot x; & \varphi &= \varphi_0; \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$$\left\{ \begin{aligned} x &= a \cos \varphi \\ y &= b \sin \varphi \end{aligned} \right\}; \quad 0 < \varphi < \varphi_0,$$

где $\left\{ \begin{aligned} x &= a \cos \varphi \\ y &= b \sin \varphi \end{aligned} \right\}$ (9)

уравнение эллипса

$$\text{Полагаем } b = r, \text{ тогда } a = \frac{r}{\cos \gamma}.$$

Условие перекрытия лопастями-ножами зоны выгрузного окна :

$$L = n \cdot l_1, \quad (10)$$

где : L – длина нижнего выгрузного шнека, мм; l_1 – проекция лопасти-ножа на ось шнека,

$$\frac{r}{l_1} = \operatorname{tg} \gamma \quad (11)$$

Условие перекрытия сечения шнека лопастями-ножами (рис. 8,б):

$$n \varphi_0 = 2\pi \quad (12)$$

Соотношения (8 – 12) являются исходными уравнениями для оптимизации формы лопасти-ножа. Как правило, в перемешивающих устройствах с прямыми лопастями, угол их установки составляет $\gamma = 45^\circ$.

Тогда расчетная зона выгрузного окна $L = n \cdot r$. Расчетный угол сегмента (рис. 8,б):

$$\varphi_0 = \frac{2\pi}{n} \quad (13)$$

Экспериментальными исследованиями установлено, что из-за различия свойств компонентов в кормосмеси оптимальная форма лопасти-ножа отличается от классической [4,5].

Программа алгоритма построения линий контура лопасти-ножа смесителя. Программа алгоритма реализует построение линий контура лопасти-ножа, которая может приме-

няться в механизмах для смешивания сыпучих или вязких веществ. В его основе используется уравнение линии в полярных координатах:

$$\frac{|r - r_0|^n}{d^n} + \frac{|\varphi|^n}{\varphi_0^n} = 1, \quad (14)$$

где: $r_0 = (r_1 + r_2)/2$, $d = (r_1 - r_2)/2$; r_1, r_2 – внешний и внутренний радиусы; φ_0 – угол сектора, содержащего контур половины лопасти.

Параметр $n \geq 1$ определяет форму линии. В частном случае $n = 2$, линия представляет собой эллипс, деформированный путем замены прямоугольных координат в его каноническом уравнении:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (15)$$

на полярные r и φ

$$(r - r_0)/d = x/a, \quad \varphi/\varphi_0 = y/b, \quad (16)$$

что и приводит к уравнению (14).

Программа выводит контур в координатах r и φ , при этом r измеряется в относительных единицах (где внешний радиус r_1 принят равным 100), а полярный угол φ – в градусах. Значения параметра n могут варьироваться в диапазоне от 1 до 4.

Реализация алгоритма построения контура лопасти-ножа смесителя кормов представлена на рис. 9.

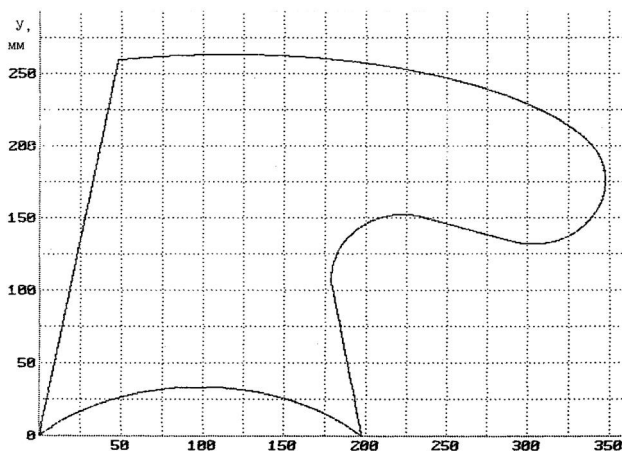


Рисунок 9. Реализация алгоритма построения контура лопасти-ножа смесителя – раздатчика кормов

Выводы. В процессе теоретических исследований сформулированы основные требования приготовления кормовых смесей смесителем кормов из следующих компонентов: грубых (сено, солома), сочных (корнеклубнеплоды), силоса, сенажа и концентратов.

1. Обоснованы процессы и операции: дозированная приемка кормов в смеситель, смешивание, транспортировка и раздача кормосмеси.

2. Предложена модель функционирования шнекового смесителя кормов.

3. Предложена математическая модель движения смеси в объемных смесителях шнекового типа, учитывающая конструктивные особенности рабочих органов смесителя, физико-механические свойства кормов и режимы работы.

4. Предложен теоретический анализ рабочего процесса приготовления кормо-смесей в смесителе кормов, который показывает, что минимизация энергозатрат на перемешивание смеси может быть достигнута оптимизацией угла установки лопастей-ножей нижнего выгрузного шнека смесителя кормов, и составляет - $\alpha = 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ$.

5. Обоснованы элементы конструкции нижнего выгрузного шнека смесителя кормов.

6. Обоснована форма лопасти-ножа шнекового смесителя кормов.

7. Предложен алгоритм построения линий контура лопасти-ножа смесителя кормов.

Литература

1. Воронцов С.И., Воронцов И.И. Новая технология приготовления и раздачи кормосмеси мобильными агрегатами //Сборник трудов: Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности. Т.12.- Санкт-Петербург, 2008.- С. 346-350.
2. Воронцов С.И., Воронцов И.И. Мобильный кормоприготовительный агрегат //Механизация и электрификация сельского хозяйства, №11, 2008.- С. 27-28.
3. Воронцов С.И., Воронцов И.И. Разработка средств механизации приготовления и раздачи кормосмеси животным //Механизация и электрификация сельского хозяйства, №12, 2008.- С. 40-41.
4. Воронцов С.И. Теоретическое обоснование формы лопасти-ножа раздатчика-смесителя кормов //Механизация и электрификация сельского хозяйства, №11, 2008.- С. 27-28.
5. Воронцов С.И. Совершенствование процесса приготовления и раздачи кормосмеси животным // Сборник научных трудов. Ч.3.- Кормопроизводство. Кормление сельскохозяйственных животных.- Брянск: БГСХА, 2008.- С. 152.
6. Патент на изобретение №2181937 РФ, кл. А 01 F 29/00, В 28 С 5/12. Лопасть-нож смесителя /С.И.Воронцов, И.И.Воронцов и др. Опубл. 10.05.2002. Бюл. №13.

¹ Воронцов Сергей Иванович, кандидат технических наук, ассистент кафедры «Автосервис» СПбГУСЭ, тел.: (812) 3623127, моб: +7 952 2155600, e-mail mobigkn@yandex.ru;

² Воронцов Иван Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения» СПбГУСЭ, тел.: (812) 3684289, моб: +7 904 6334496, e-mail tobigkn@yandex.ru.