

ISSN 0131-7105

Техника

В сельском хозяйстве

5²⁰⁰⁹

В номере:

**Исследование процесса подбора ленты
льна барабанным аппаратом**

**Совершенствование рабочего органа
раздатчика кормов**

**Метод определения расхода топлива
тракторными транспортными агрегатами**

атационных параметров пахотных агрегатов на всех агрофонах. В условиях Республики Башкортостан для таких расчетов наиболее целесообразно использование модели ϑ_{Rk} для стерни пшеницы.

Как известно, на почвенной карте процентное содержание M физической глины в почве, как правило, не приводится, а указывается лишь ее механический состав. Так, на черноземных почвах тяжелосуглинистого механического состава M изменяется от 45 до 60%. Для таких почв при вычислении σ_{Rk} и ϑ_{Rk} в уравнение (1) следует подставить среднее значение M , т. е. 52,5%. Дальнейшего упрощения выражения (1) можно добиться также подстановкой в него принятых глубин h вспашки в хозяйстве.

В заключение отметим, что в (1) необходимо подставлять среднюю влажность почвы в пахотном слое (по данным метеостанции). Скорость v при этом определяется по тяговой характеристике трактора на тех передачах, на которых ведется расчет состава пахотного агрегата.

Опыты показали, что характер изменения удельного сопротивления плуга (K_n) а, следовательно σ_{Rk} и ϑ_{Rk} в зависимости от тех или иных факторов практически не зависит от типа почвы, а в решающей степе-

ни определяется содержанием в ней физической глины [2]. С учетом этого, полученные нами модели σ_{Rk} и ϑ_{Rk} на черноземах справедливы и для других типов почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агиев Л.Е. Основы расчета оптимальных и допускаемых режимов работы машинно-тракторных агрегатов. — Л.: Колос, 1978.
2. Баширов Р.М., Юсупов И.Ф., Байрамгулов Ю.Г. Математическая модель удельного сопротивления плуга // Техника в сельском хозяйстве. — 2003. — № 2.
3. Баширов Р.М., Гафуров И.Д., Лукманов Р.Л. Влияние числа машин и условий работы на статистические характеристики сопротивления агрегата // Техника в сельском хозяйстве. — 2007. — № 5.
4. Баширов Р.М., Юсупов И.Ф. Исследование сопротивления плугов методом планирования экспериментов // Мех. и электр. соц. сел. хоз-ва. — 1979. — № 3.

Поступила в редакцию 1.10.08

There are obtained models of statistical characteristics of resistance of the one plough bottom on the wheat stubble, slice of permanent grasses and field from corn.

Keywords: Mechanical composition, soil humidity, speed of unit movement, plowing depth.

УДК 631.363.636

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА РАЗДАТЧИКА КОРМОВ

В.Ю. ФРОЛОВ, д-р техн. наук, Д.П. СЫСОЕВ, инж., Кубанский госагроуниверситет

На основе анализа работы технических средств для приготовления и раздачи кормов животным разработан измельчитель-смеситель, который позволяет раздавать корма с одновременным измельчением и смешиванием. Приведены и обоснованы результаты оптимизации конструктивно-режимных параметров предлагаемого измельчителя-смесителя при выполнении процесса приготовления кормов.

Ключевые слова: измельчитель-смеситель, анализ, рабочий орган, классификация, производительность, мощность.

Промышленность выпускает различные по конструкции кормораздатчики, но на животноводческих фермах и комплексах наиболее широко применяют мобильные раздатчики с принудительной подачей корма к отделяющим рабочим органам, такие как КТУ-10А и РММ-5. Исследованиями ряда ученых [1, 2] установлено, что раздатчики-смесители битерного типа могут выполнять функцию смесителя при расположении составляющих компонентов кормового рациона в бункере послойно. Однако рабочий орган битерного типа не эффективен на длинностебельных кормах. Следовательно, совершенствовать подобные машины нужно улучшением конструкции рабочего органа, обеспечивающего не только раздачу кормов, но и их измельчение и смешивание.

Поэтому нами разработана классификация измельчителей-смесителей, позволяющая наметить рациональные пути их совершенствования и определить наиболее перспективную конструктивно-технологическую схему (рис. 1).

Бункерные измельчители-смесители можно подразделить по способу перемещения монолита, характеру работы смесительного устройства, расположению смешивающего органа, совмещению функций смешивания и дозирования, способу смешивания, характеру воздействия смешивающего органа на материал, а также по конструкции смешивающего органа.

Разработанная нами конструктивно-технологическая схема измельчителя-смесителя (рис. 2) на базе мобильного бункерного раздатчика кормов КТУ-10 или РММ-5, позволяет решить проблему приготовления и раздачи кормов благодаря установке в бункере рабочего органа шнекового типа. Такой рабочий орган позволяет интенсифицировать смешивание благодаря винтовой навивке 4, выполненной в противоположном направлении. Она перемещает слои кормовых компонентов относительно друг друга в осевом направлении, а закрепленные по периметру винтовой поверхности ножи 5 дают возможность интенсифицировать измельчение благодаря возникающему относительно движению ножа, обеспечивающему перепиливаемое действие микровыступами лезвия.

Измельчающий шнековый аппарат, продольный и выгрузной транспортеры приводятся от вала отбора мощности трактора через карданную передачу.

При создании рабочего органа шнекового типа необходимо было определить оптимальную скорость вращения шнеков, при которой обеспечивается устойчивое резание материала и его смешивание. Безподпорное



Рис. 1. Классификация измельчителей-смесителей кормов

резание выполняется обычно при больших скоростях, что недопустимо, поскольку неравномерное распределение компонентов кормовой смеси у противоположных стен бункера приведет к снижению однородности смеси. Так как в данном случае материал сам является противорезущим элементом, это способствует снижению скорости резания. Исходя из сути одновременно-го измельчения и смешивания кормов, построен график скоростей движения частицы корма, лежащей на наружной кромке шнека (рис. 3).

При работе шнека частица корма движется поступательно со скоростью v_n в осевом направлении шнека и вращательно по траектории витков шнека со скоростью $v_{вр}$. Скорость v_a является геометрической суммой скоростей v_n и $v_{вр}$.

Зависимость между этими скоростями выражается следующими уравнениями:

$$v_a = v_n / \cos \epsilon \text{ и } v_n = v_{вр} / \operatorname{tge} \alpha, \quad (1)$$

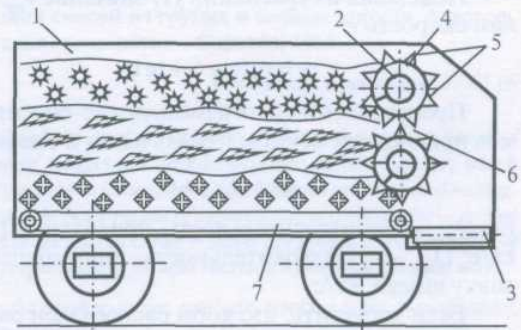
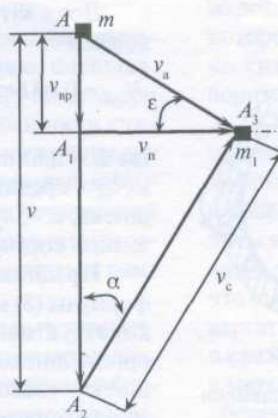


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема измельчителя-смесителя кормов: 1 – бункер; 2 – измельчающий шнековый аппарат; 3 – выгрузной транспортер; 4 – винтовая поверхность шнека; 5 – ножи; 6 – межвитковое пространство; 7 – продольный транспортер

где ϵ – угол наклона вектора абсолютной скорости v_a к оси вращения шнека.

Если за отрезок времени $\Delta t = 1$ с частица m переместится по наружной кромке шнека из точки A в точку A_3 , то скорости ее движения будут соответствовать следующим векторам:

1) $v_a = AA_3$ – скорость абсолютного перемещения частицы корма по наружной кромке шнека;

2) $v_n = A_1A_3$ – скорость перемещения частицы корма вдоль оси шнека;

3) $v_{вр} = AA_1$ – скорость вращательного движения частицы корма;

4) $v_c = A_2A_3$ – скорость скольжения частицы корма по наружной кромке шнека – вектор этой скорости направлен под углом α к вектору вращательной скорости наружной кромки шнека (α – угол подъема винтовой линии).

Из рис. 3 следует, что окружная скорость наружной кромки шнека $v = AA_2$.

Рассмотрев прямоугольный треугольник $A_1A_2A_3$, получим:

$$v - v_{вр} = v_n \operatorname{ctg} \alpha. \quad (2)$$

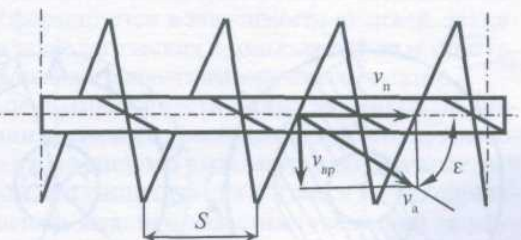


Рис. 3. Схема к определению окружной скорости наружной кромки шнека

Подставив из уравнений (1) значение $v_{вр}$, определим скорость v :

$$v = v_{п} (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{tg} \epsilon). \quad (3)$$

Производительность измельчителя-смесителя кормов при одновременном измельчении и смешивании

$$Q = Q_{изм} + Q_{см}, \quad (4)$$

где $Q_{изм}$ – производительность, приходящая на ножи, кг/с; $Q_{см}$ – производительность, приходящая на навивку шнека, кг/с.

Если допустить, что корм распределен равномерно, то на навивку шнека приходится следующая доля производительности [3]:

$$Q_{см} = v_{п} F \rho k_3 k_{пр}, \quad (5)$$

где F – рабочая площадь поперечного сечения шнека, m^2 ; ρ – плотность материала, kg/m^3 ; k_3 – коэффициент заполнения шнека; $k_{пр}$ – коэффициент проскальзывания.

Минимальная осевая скорость движения массы корма [3]

$$v_{п} = r_{ср} \omega \sin \alpha (\cos \alpha - f \sin \alpha),$$

где ω – угловая скорость шнека, c^{-1} ; f – коэффициент трения.

Допустим, что частица корма перемещается по спирали Архимеда (рис. 3).

Тогда рабочая площадь поперечного сечения шнека

$$F = F_k - F_{сп}, \quad (6)$$

где F_k – площадь круга, m^2 ; $F_{сп}$ – площадь архимедовой спирали, m^2 .

Найдем площадь одного витка архимедовой спирали:

$$F_{сп} = \frac{1}{2} r_{ср}^2 \int_0^{2\pi} \theta d\theta = \frac{4}{3} \pi^3 r_{ср}^2, \quad (7)$$

где $r_{ср}$ – средний радиус шнека, м; $d\theta$ – положительная непрерывная функция.

Тогда с учетом преобразований производительность навивки шнека

$$Q_{см} = 2 \frac{2}{3} \pi^3 r_{ср}^3 \omega \sin \alpha (\cos \alpha - f \sin \alpha) \rho k_3 k_{пр}. \quad (8)$$

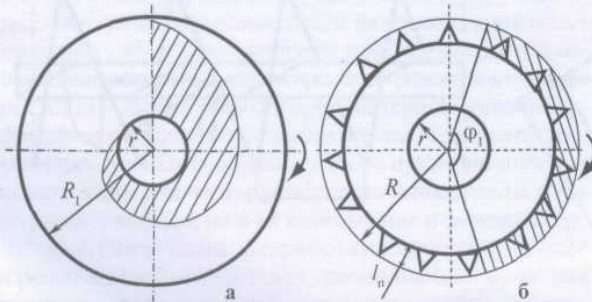


Рис. 4. Схема к определению производительности: а) навивки шнека; б) ножевых сегментов

Непосредственно на ножевые сегменты приходится производительность

$$Q_{изм} = Q - Q_{см}. \quad (9)$$

При условии, когда подача $q_{п}$ кормового материала равна пропускной способности измельчающе-смешивающего аппарата, при заглублении ножевых сегментов в кормовую массу за один оборот одним сегментом срезается площадь (заштрихованная фигура на рис. 4)

$$F_{изм} = \pi (R - R_1)^2 \frac{\Phi_1}{360}. \quad (10)$$

Объем материала, срезаемого за один оборот шнека,

$$V_{изм} = S F_{изм} Z_1 = \pi (R - R_1)^2 S Z_1, \quad (11)$$

где S – шаг витка шнека, м; Z_1 – число сегментов на одном витке шнека.

Тогда, с учетом того, что $l_{п} = R - R_1$, производительность, приходящая на ножевые сегменты,

$$Q_{изм} = \pi l_{п}^2 S Z_1 \omega \frac{\Phi_1}{360} \rho k_3 k_{пр}. \quad (12)$$

Важной характеристикой технического средства является коэффициент k_3 заполнения, который равен отношению скоростей подающего транспортера и окружной скорости наружной кромки шнека:

$$k_3 = v_{п} / v. \quad (13)$$

С учетом этого

$$k_3 = \frac{v_{п}}{r_{ср} \omega \sin \alpha (\cos \alpha - f \sin \alpha) (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{tg} \epsilon)}. \quad (14)$$

Мощность, расходуемая на измельчение [4],

$$N_{изм} = q \frac{dF}{dt} (1 + f' \operatorname{tg} \tau), \quad (15)$$

где q – удельное линейное давление ножа на корм, Н/м; dF/dt – площадь разреза в единицу времени, m^2/c ; f' – коэффициент скользящего резания; τ – угол между направлением движения ножа и нормалью к режущей кромке ножа, град.

Доля затрат мощности измельчителя-смесителя кормов

$$N_{см} = 0,03 L \pi^3 r_{ср}^3 \omega \sin \alpha (\cos \alpha - f \sin \alpha) \rho k_3 k_{пр} k_{сопр}, \quad (16)$$

где L – длина смешивающего рабочего органа шнека, м; $r_{ср}$ – средний радиус шнека, м; ω – угловая скорость шнека, c^{-1} ; $k_{сопр}$ – коэффициент сопротивления движению корма.

Предложенная методика расчетов, в частности формулы (8) и (12), позволяет определить оптимальные конструктивные параметры активной части рабочего органа шнекового типа: угол подъема винтовой линии шнека, число ножей на одном витке шнека, средний радиус шнека. Выражение (14) связывает все основные

конструктивные параметры измельчителя-смесителя с режимными: угловую скорость шнека и скорость подающего транспортера измельчителя-смесителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доценко С.М. Выбор и расчет линии приготовления и раздачи кормовых смесей // Техника в сельском хозяйстве. — 1989. — № 4.
2. Коба В.Г. Обоснование конструктивно-режимных параметров дозатора стебельных кормов с транспортерами кормоотделителями // Сб. научн. тр. СИМСХ. — 1975. — Вып. 43.
3. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. — Л.: Колос, 1978.

4. Уланов И.А. Исследование технологического процесса приготовления смесей из грубых и сочных кормов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Саратов, 1965.

Поступила в редакцию 07.05.09

On the basis of the analysis of work of means for preparation and distribution of forages the animal develops cutter — mixer, which allows to distribute to forages with simultaneous crushing and mixing. Are given and the basic results of optimization of constructive — regime parameters of the offered cutter — mixer are proved at performance of process of preparation of forages received by an experimental way.

Keywords: the crusher-mixer, analysis, working body, classification, productivity, capacity.

УДК 678.023.3

ВАРИАТИВНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ СМЕСЕЙ

Л.В. МЕЖУЕВА, А.П. ИВАНОВА, д-ра техн. наук, **В.В. ГУНЬКО**, канд. техн. наук, **Н.В. ГЕТМАНОВА, Т.И. ПИСКАРЕВА**, инженеры, Оренбургский госуниверситет

Описан подход к созданию модели процесса приготовления смесей, охватывающего подготовку воды, компонентов корма, смешивание и контроль качества полученной смеси. Разработанная модель эффективна для прогнозирования качества приготавливаемой продукции, выраженного через степень однородности или концентрацию ключевого компонента. Показано использование математического аппарата, позволяющего определять характеристики процесса смешивания компонентов разной влажности.

Ключевые слова: смешивание, однородность, вибрационный импульт, концентрация ключевого компонента, подготовка воды.

Создание однородной кормовой смеси разной влажности включает в себя несколько технологических процессов: подготовка компонентов, воды и смешивание, контроль качества готового продукта. Если приготовление указанной смеси рассматривать как единую систему, можно выявить входные и выходные потоки, влияющие на конечный результат.

С этой целью была разработана вариативная модель, в основе которой лежит вероятностная модель процесса смешивания (см. рисунок) [1]. К выходному показателю эффективности отнесено качество приготавливаемой продукции, выраженное через степень однородности или концентрацию ключевого компонента.

Используя параметрические подсистемы, охватывающие подготовку воды, компонентов корма, смешивание, контроль качества полученной смеси и, учитывая при этом конструктивно-технологические особенности каждой подсистемы, реологические, физико-механические показатели смешиваемых материалов, режимные характеристики процесса, а также вариативное сочетание этих звеньев, можно получать разнообразие решений, удовлетворяющие различным поставленным задачам в рамках рассматриваемого процесса.

Так, для приготовления смеси начальные параметры состояния воды $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ и компонентов корма $X_1^*, X_2^*, X_3^*, \dots, X_n^*$ формируются соответственно в блоках формирования качества воды ФКВ и качества ком-

понентов корма ФКК. Пройдя подготовку, они могут иметь как оптимальные значения ПВ и ПК, так и отклонения от них PV^+, PV^-, PK^+, PK^- . В момент смешивания вода и компоненты корма имеют состояние F и F_1 .

Блок смешивания СК представлен режимными и конструктивными характеристиками модельного ряда вибросмесителей, по вариативному сочетанию которых можно получить высокую, среднюю и низкую однородность кормосмеси. При этом возможны низкие, средние и высокие энергозатраты. Результатом этого процесса, в зависимости от влажности кормосмеси, являются сухие, сухие рассыпные, влажные рассыпные, кашеобразные и супообразные корма. Качество кормосмеси КК можно контролировать как по однородности M кормосмеси, так и по концентрации S ключевого компонента.

При рассогласовании показателей качества полученной кормосмеси КС с требуемыми показателями $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$ блоки формирования качества воды ФКВ и компонентов корма ФКК компенсируют это путем регулирования соответствующих начальных параметров $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ и $X_1^*, X_2^*, X_3^*, \dots, X_n^*$. Если показатели качества готовой кормосмеси попадают в множество допустимых значений отклонений от заданного ΔZ , которое формируется в зависимости от целей, технических и технологических возможностей, то можно говорить о положительных выходных результатах.

Степень однородности можно рассчитать по концентрации ключевого компонента, для чего из многокомпонентной системы выделяется один, называемый ключевым, его концентрация S в смеси может определяться использованием известных уравнений диффузии в гидродинамике. В то же время следует отметить, что сыпучая среда, также как твердое тело, может подвергаться сдвигу под воздействием внешних нагрузок, в связи с чем появляется возможность использования в математической интерпретации процесса сдвиговых составляющих.