

$$d^{S+1} = \bar{\varphi}_{i,j(k)} + \frac{\tau}{2} \cdot \left( \begin{aligned} &Fal1_{i,j(k)} \cdot (\bar{\varphi}_{i+1,j(k)} - \bar{\varphi}_{i-1,j(k)}) + \\ &+ Fal2_{i,j(k)} \cdot (\bar{\varphi}_{i+1,j(k)} - 2 \cdot \bar{\varphi}_{i,j(k)} + \bar{\varphi}_{i-1,j(k)}) + \\ &+ (1-\sigma) \cdot \left( \begin{aligned} &Fal3_{i,j(k)} \cdot (\bar{\varphi}_{i,j+1(k)} - \bar{\varphi}_{i,j-1(k)}) + \\ &+ Fal4_{i,j(k)} \cdot (\bar{\varphi}_{i,j+1(k)} - 2 \cdot \bar{\varphi}_{i,j(k)} + \bar{\varphi}_{i,j-1(k)}) \end{aligned} \right) \end{aligned} \right) \quad (91)$$

Решение  $\varphi_{i,j(k)}^{S+1}$  определяется по формуле:

$$\varphi_{i,j+1(k)}^{S+1} = U \cdot \frac{R_5}{R_5 + R_7}; \quad (92)$$

$$\varphi_{i,j(k)}^{S+1} = A(\bar{\varphi})_{i,j(k)} \cdot \varphi_{i,j+1(k)}^{S+1} + B(\bar{\varphi})_{i,j(k)}. \quad (93)$$

Итерационный процесс прекращается при выполнении условия:

$$\frac{\max_{i,j(k)} |\varphi_{i,j(k)}^{S+1} - \varphi_{i,j(k)}^S|}{\max_{i,j(k)} |\varphi_{i,j(k)}^{S+1}|} \leq \varepsilon, \quad (94)$$

где  $\varepsilon$  – погрешность вычислений.

Рассчитанные значения потенциалов используются для определения плотности тепловыделений и мощности 6-й зоны нагрева на  $n+1$  временном слое.

Экспериментальная проверка разработанной математической модели показала, что отклонение результатов расчета от экспериментальных данных по напряжению разбаланса мостовой измерительной схемы  $\Delta U$  не превышает 10..12%.

Приведенная математическая модель позволяет проводить моделирование характеристик электродных электронагревателей для нагрева различных термолабильных сред при разработке конструкции ЭНУ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Прищепов М.А., Рутковский И.Г. Математическое моделирование электротепловых характеристик емкостных электродных электронагревателей-датчиков: /Моделирование и прогнозирование аграрных энергосберегающих процессов и технологий//Материалы международной научно-технической конференции (Минск, 22-24 апр. 1998).— Мн.:БАТУ,1998.— С.116-117.
2. Берковский Б.М., Ноготов Е.Ф. Разностные методы исследования задач теплообмена. —Минск: Навука і тэхніка, 1976.—144 с.
3. Турчак Л.И. Основы численных методов.— М.: Наука. Гл.ред. физ.-мат. лит., 1987.—320 с.

УДК 631.363.7

## МОБИЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ РАЗДАЧИ КОРМОВ КРУПНОМУ РОГАТОМУ СКОТУ

**А.В. КИТУН, к.т.н. (УО БГАТУ), В.И. ПЕРЕДНЯ, д.т.н., профессор (РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»)**

Организация процесса раздачи кормов является одним из источников снижения себестоимости животноводческой продукции [1]. По данным исследования [2] на эту операцию расходуется горюче – смазочных материалов 2,5...2,8 ГДж на голову в год. Поиск путей снижения энергоемкости данного процесса неразрывно связан с технологией подготовки кормов к скармливанию, размером животноводческой фермы, выбором технологических средств для раздачи.

Возможны три варианта раздачи кормов: стационарный, мобильный и комбинированный (мобильный + стационарный). Для реализации этих вариантов используют стационарные и мобильные кормораздатчики.

Раздачу кормов с использованием стационарных кормораздатчиков можно организовать, заблокировав их с выгружными транспортерами измельчителя – смесителя и питателя силоса (сенажа). Преимуществом данного варианта приготовления и раздачи кормов является сокращение

числа и номенклатуры транспортных средств.

Однако заблокировав кормоприготовительное оборудование со стационарным кормораздатчиком, до минимума уменьшается коэффициент использования машин. Данная схема, ввиду низкой эффективности, практического применения не нашла.

Транспортирование и раздача кормосмесей могут выполняться мобильными кормораздатчиками. Преимуществом данной схемы является более низкая удельная стоимость этих машин по сравнению со стационарными [3]. В течение рабочего времени мобильные кормораздатчики, как правило, работают более продолжительное время и могут раздавать корма в нескольких помещениях.

К недостаткам организации процесса раздачи кормов данными машинами относят необходимость наличия кормовых проездов внутри зданий. Ширина их должна быть от 1,4 до 2,2 м. Кроме того, мобильные кормораздатчики создают шум и загрязняют воздух выхлопными газами.

## 1. Техническая характеристика смесителей-раздатчиков

ПАРАМЕТРЫ	РСР-10	АРС-10
Вместимость бункера, м <sup>3</sup>	10	10
Продолжительность смешивания, мин	3...5	3...5
Неравномерность смешивания, т/ч.	±15	±15
Сменная производительность, т/ч	8...10	8...10
Потребляемая мощность на привод рабочих органов, кВт	30...37	37...45
Грузоподъемность, т	3...4	3,3
Масса, кг	4200	7320

При комбинированном способе организации раздачи кормосмесей мобильными кормораздатчиками на транспортерную ленту выгружаются объемные корма и наверх многокомпонентная добавка.

Такой способ позволяет использовать ранее установленные на фермах стационарные раздатчики, однако увеличивает число перевалочных операций. Вместе с тем следует отметить, что стационарные кормораздатчики типа КРС-15 и ТВК-80Б в полной мере не отвечают зоотехническим требованиям. Главной, негативной причиной является частичное поедание кормов животными в процессе распределения их по фронту кормления. При стационарной раздаче неравномерность выдачи корма на 1 м фронта кормления коров достигает 9...11%. Из них около 3% затаскиваются обратной ветвью под транспортер (ТВК-80Б) и 6...8% сбрасываются в виде несъедобных остатков перед каждой раздачей.

Существенным недостатком стационарных кормораздатчиков является недостаточное резервирование необходимой безотказности оборудования. Процесс раздачи кормов по всему фронту кормления прекращается при выходе из строя любого из технических элементов данного кормораздатчика. Процесс же разда-

чи кормов мобильными кормораздатчиками менее чувствителен к техническим неисправностям. Так, при выходе из строя кормораздатчика на любой стадии работы процесс раздачи кормов только увеличится по времени. Раздача кормов в этом случае производится другими машинами, участвующими в данном процессе.

Кроме того, несмотря на ряд отмеченных недостатков, только мобильными кормораздатчиками можно организовать механизированную выдачу кормов на выгульных площадках и в летних лагерях, а повысить их эффективность можно за счет сокращения холостого хода и расширения функций.

Конструктивные схемы смесителей – раздатчиков разнообразны. По способу агрегатирования они подразделяются на самоходные и прицепные. Наибольшее распространение нашли прицепные смесители-раздатчики [4]. Большинство из них состоит из одноосного шасси, на котором закреплен бункер со смешивающими рабочими органами, поперечный выгрузной транспортер и заслонка выгрузного люка. Привод рабочих органов у этих машин осуществляется от ВОМ трактора.

Смешивающими рабочими органами известных смесите-

лей-раздатчиков являются шнеки. Располагаться внутри бункера они могут в зависимости от схемы машины – горизонтально и вертикально. Число смешивающих рабочих органов может колебаться от одного до четырех.

До последнего времени в Республике Беларусь на животноводческих фермах эксплуатировались только смесители-раздатчики РСР – 10 и АРС – 10 А. Последний является самоходным и выполнен на базе автомобиля ЗИЛ – 131.

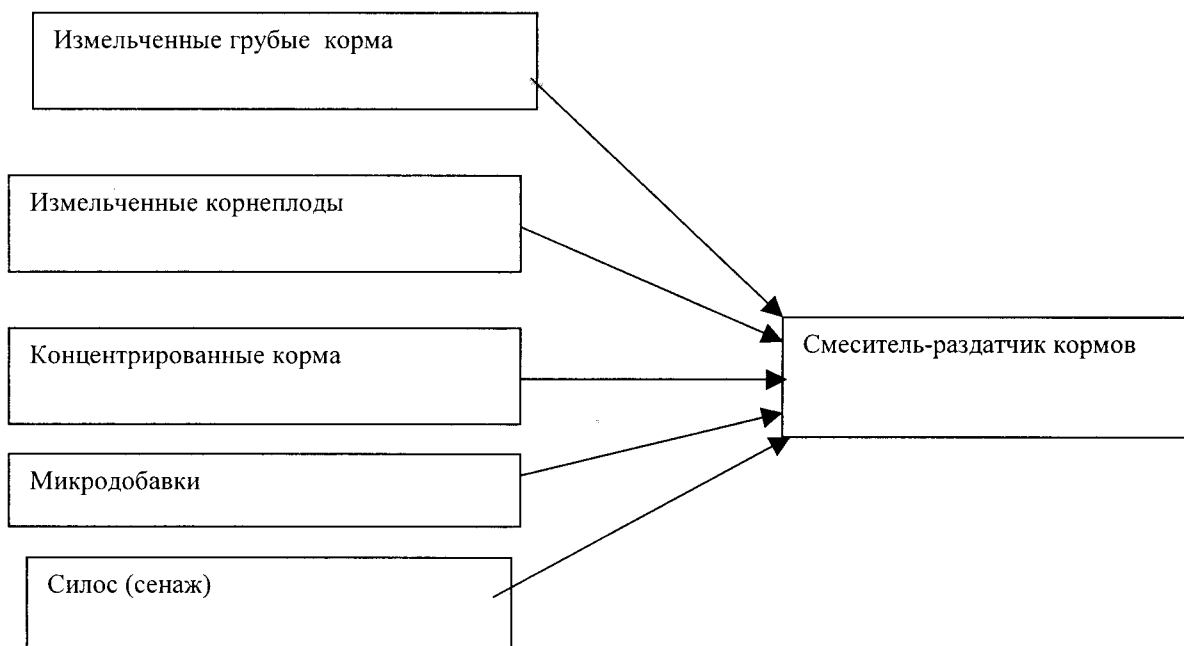
Техническая характеристика данных машин приведена в табл.1.

Наибольшее распространение нашли смесители – раздатчики в странах Западной Европы, США и Великобритании [5-7]. Это во многом обусловлено спецификой небольших частных хозяйств в этих странах. С целью получения более точного весового соотношения кормосмеси зарубежные смесители – раздатчики оборудованы весоизмерительными устройствами. В табл. 2 приведена техническая характеристика зарубежных смесителей – раздатчиков.

Из табл. 2 видно, что объем бункера смесителей – раздатчиков западного производства находится в пределах 4...7,5 м<sup>3</sup>. Для смешивания кормовых компонентов внутри бункеров установлены шнеки

**2. Техническая характеристика зарубежных мобильных смесителей-раздатчиков**

ФИРМА-ИЗГОТОВИТЕЛЬ (СТРАНА), МОДЕЛЬ МАШИНЫ	ОБЪЕМ БУНКЕРА, М <sup>3</sup>	ДИАМЕТР ШНЕКА, ММ		МАССА КОРМА, Т	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СМЕШИВАНИЯ В БУНКЕРЕ, МИН	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАЗДАЧИ КОРМА, МИН	ПОДАЧА КОРМА В КОРМУШКУ, КГ/ПОГ, М	ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ, КВТ	МАССА РАЗДАТЧИКА, КГ
		НИЖНЕГО	ВЕРХНЕГО						
МЕЗЕНЕР (ВНР), ТАК-7	7	600	400	2	4-5	2,67	22,7	29,9	3130
МКК-7,5	7,5	600	400	2,2	4-6	1,94	16,3	33,4	3330
BATLER O*****-180	5,1	508	254	1,7	3-5	3,26	15,8	26,4	2240
FARMHAND (США) 140	4	406	254	1,5	3-4	3,3	11,2	20	2130
280	7,8	609	406	2,4	5-7	4,88	18,8	38,9	3140
MIXER BLENDER (ИТАЛИЯ), В-12	7,5	609	400	2,3	4-7	4,05	17,2	29,5	3175
SCHWARTZ (США) 750	5,1	508	406	1,7	3-5	3,01	16,1	28,1	2490
SCHWARTZ (США) 210	6,8	609	406	1,9	4-7	3,9	16,2	36	2530



*Рис. 1. Схема приготовления кормосмеси смесителем – раздатчиком*

диаметром от 254 до 600 мм. С увеличением объема бункера диаметры возрастают, причем диамет-

ры шнеков, расположенных у дна, меньше верхних. Продолжительность смешивания кормов на-

ходится в пределах 3...7 мин. Сменная производительность смесителей – раздатчиков составляет

### 3. Техническая характеристика измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов

Показатель	Значения показателя	
Модель	BULL DOG DS 10	W 10
Тип машины	Полуприцепная	
Рабочий орган	Горизонтальная трехшнековая система: нижний шнек лопастной с ножевыми элементами	Один вертикальный шнек с ножевыми элементами
Тип режущих элементов на шнеке	Пластины (22 шт.) и диски (100 шт.)	Пластины с насечками (9 шт.)
Объем бункера, м <sup>3</sup>	10	10
Грузоподъемность, т	3	3
Привод	От ВОМ трактора (540 мин <sup>-1</sup> )	
Масса, кг	4200	3800
Энергосредство	Трактор тягового класса 1,4	
Продолжительность смешивания, мин	2...3	
Точность взвешивания, %	1...3	1...5
Потребляемая мощность, кВт (то же на тонну приготовленной и розданной кормосмеси, кВт ч / т):		
б/а*	36 (8,8)	47 (13,8)
в/а*	44 (8,1)	49 (10,0)
а/с*	35 (6,4)	33 (7,1)

а \*-кукуруза, убранная с измельчением кормоуборочным комбайном; б- цельные травы; в- травы, убранные с измельчением; с- сенная сечка.

3,2 ÷ 6,4т/ч, а удельный расход энергии 5,4 ÷ 9,04 кВт\*ч/т.

При эксплуатации рассмотренных

мельчителей-смесителей-раздатчиков кормов. Наличие весоизмерительного оборудования позволяет формировать кормосмеси без использования дозирочных устройств.

рис.1 схему приготовления кормосмеси.

Для сокращения числа машин, участвующих в технологи-



Рис.2. Схема приготовления кормосмеси измельчителями-смесителями-кормораздатчиками, оборудованными весоизмерительными устройствами и механизмами самозагрузки

ренных смесителей – раздатчиков компоненты кормового рациона подлежат смешиванию предвари-

тельно измельченными. Анализ рассмотренных смесителей-раздатчиков позволяет составить представленную на

ческом процессе кормления животных, западно-европейские машиностроительные фирмы дообору-

дуют смесители – раздатчики дополнительными конструктивными элементами. Так, устанавливается оборудование для самозагрузки и режущие элементы для измельчения кормов. Применение раздатчиков с системой самозагрузки позволяет исключить погрузчик кормов. Это способствует снижению энергоемкости и металлоемкости выполняемых операций, позволяет высвободить тракториста. Так же исключаются потери времени, связанные с несоответствием по производительности машин, занятых при выполнении этого процесса.

Для самозагрузки кормов устанавливаются погрузчики грейферного и фрезерного типов. Наибольшее распространение получили фрезерные погрузчики. Их преимуществом является сохранение целостности монолита загружаемых кормов, что исключает порчу за счет вторичной ферментации [8].

Режущие элементы устанавливаются на витках смешивающих шнеков, а противорежущие на корпусе бункера. Измельчающие аппараты такого исполнения позволяют измельчать грубые корма в рулонах и тюках [9, 10].

В соответствии с инструкцией по эксплуатации рассмотренные смесители-раздатчики загружаются первоначально грубыми кормами и силосом. При транспортировке эти корма измельчаются и смешиваются. Туда же догружаются другие, предварительно подготовленные корма рациона и микродобавки. Полученная кормосмесь транспортируется к месту раздачи, где поперечным выгрузным транспортером подается в кормушки или на кормовой стол. Технические данные измельчителей-смесителей-раздатчиков, оборудованных системой самозагрузки и взвешивания, приведены в табл.3 [11].

Из табл.3 видно, что удельная энергоемкость процесса приготовления и раздачи кормосмеси меньше при эксплуатации смесителей – раздатчиков с горизонтально расположенными шнековыми рабочими органами. Этот показатель снижается при подготовке кормосмеси из предвари-

тельно измельченных кормов. Схема приготовления и раздачи кормосмесей рассмотренными смесителями – раздатчиками показана на рис. 2.

В соответствии с проведенными исследованиями можно сделать вывод, что смесители-раздатчики с системой самозагрузки позволяют упростить технологический процесс приготовления и раздачи кормов. Установленное на машинах несоизмерительное оборудование обеспечивает заданное соотношение кормов при погрузке.

Вместе с тем рассмотренные смесители-раздатчики не обеспечивают выдачу в кормушки одновременно двух групп кормосмесей. Смешиванию подвергаются кормовые компоненты различных объемов и размеров. Вводимые в кормосмесь в малых количествах микродобавки (около 1...3%) и концентраты (около 10...15%) представляется трудным равномерно распределить в силосе (сенаже) или смеси этих кормов с сеном (соломой), составляющим в рационе около 60...70%.

Отсутствие в технической характеристике показателей степени измельчения кормов и анализ других типов измельчающих аппаратов, позволяют усомниться в качестве подготавливаемых кормосмесей смесителями-раздатчиками данной модификации.

Проблематичным является вопрос о необходимости наличия измельчающего аппарата внутри бункера смесителя-раздатчика. Применяемый для самозагрузки аппарат фрезерного типа измельчает ножами корма при выполнении этой технологической операции. Он применяется при подаче в бункер длинностебельчатых кормов. Корнеплоды и зерновые корма подготавливаются к скармливанию другими машинами.

Таким образом, установленный в бункерах смесителей-раздатчиков измельчающий аппарат лишь увеличивает энергозатраты и металлоемкость машины.

Выполненный анализ свидетельствует о проведении работ по созданию и совершенствованию многофункциональных смесителей-раздатчиков. Создан различный типаж машин, из которого можно выбрать прототип для проведения научно-исследовательских работ с целью создания агрегата, обеспечивающего раз-

дачу различных по физико-механическим свойствам групп кормосмесей. Это позволит уменьшить затраты энергии на подготовку кормов к скармливанию и обеспечить рациональное их использование.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Резник Е.И. Техника для малогабаритных кормоцехов // Тракторы и сельхозмашины. – 1989. - №10. – С.5-10.
2. Стома Л.А., Резник Е.И. О технологических схемах и надежности кормоцехов // Животноводство. – 1984. - №3. – С.57-60.
3. Грошев В.Н., Муромцев Ю.Л. Выбор системы раздачи кормов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1979. - №8. – 19с.
4. Астахов А.С., Еленев А.В. Краткий справочник по машинам и оборудованию для животноводческих ферм. М.: Колос. – 1977. – 256с.
5. Рыжов С.В., Рыжов В.С. Зарубежная техника для животноводства и кормопроизводства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990. - №12. – С.51-54.
6. Рыжов С.В. Новая техника для молочного животноводства: Сегодня и завтра // Техника и оборудование для села. – 2000. - №5. – С.7-12.
7. Рыжов С.В. Развитие средств механизации для животноводства // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. - №2. – С.16-19.
8. Палкин Г.Г. Современные мобильные кормораздатчики-смесители для кормления скота кормосмесями // Международный аграрный журнал. – 2000. - №1. – С.47-51.
9. Кутлембетов А.А., Едвабный А.Ф. Конструкции погрузчиков-кормораздатчиков зарубежных фирм // Сельское хозяйство за рубежом. – 1981. - №12. – С.52-58.
10. Милев А.Д. «Agritechica 99»: Современные средства для подготовки и раздачи кормов // Тракторы и сельхозхозяйственные машины. – 2000. - №5. – С.48-52.
11. Милев А.Д. Универсальные средства для подготовки и раздачи кормов на фермах КРС // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1999. - №4. – С.11-13.