

Обоснование устройства для очистки кормушек и дозированной раздачи кормов в скотоводстве

*П.В. Зайцев, д.т.н., профессор, С.П. Зайцев, к.т.н,
Н.П. Зайцева, ассистент, ФГБОУ ВПО Чувашская ГСХА*

Состояние здоровья и продуктивность животных зависят не только от качества, уровня и полноценности их питания, но и в значительной мере от своевременной очистки кормушек и технологии раздачи кормов [1].

После процесса кормления коров часть кормов остаётся в кормушках, что приводит к их порче под действием влаги, создавая антисанитарные условия.

Существующие способы и устройства раздачи кормов животным не предусматривают операцию предварительной очистки кормушек. Эти технологические процессы на многих животноводческих фермах выполняются вручную или отдельными

агрегатами, увеличивая трудоёмкость и энергоёмкость процесса.

Эффективность процесса кормления животных зависит не только от качества обработки кормов и способов их раздачи, но и от качественной технологии очистки кормушек и применения надёжных и эффективных конструкций очистителей кормушек для достижения наилучшего технического результата.

Технический результат – повышение качества очистки кормушек с разработкой конструкции очистителя кормушек с активным рабочим органом.

Поэтому разработка устройства для эффективной очистки кормушек и раздачи корма, позволяющего снизить энергозатраты и трудоёмкость процесса, актуальна.

Материал и методика исследований. Апробирование процесса очистки кормушек осуществляли с помощью созданного образца опытной установки. Технологический процесс исследовали в соответствии с нижеприведённым планом (рис. 1). По представленному плану (схеме) теоретические и экспериментальные исследования позволяют выбрать рациональные параметры эксплуатации очистителя кормушек, изготовить опытный образец, испытанный в производственных условиях.

Результаты исследований. Цель исследования – обоснование конструктивно-технологических параметров и режимов работы устройства для очистки кормушек на молочной ферме.

Были выдвинуты следующие задачи:

1. Разработать методику очистки кормушек при использовании данного устройства.
2. Обосновать конструктивные параметры и режимы работы устройства для очистки кормушек.

3. Сконструировать, создать и апробировать в производственных условиях установку для очистки кормушек.

Технический результат достигается тем, что устройство для очистки кормушек и дозированной раздачи кормов содержит очиститель, размещённый на передней стенке бункера дозатора. Очиститель выполнен в виде горизонтально расположенного ротора со щётками из капронового ворса, ряды которого расположены под углом к оси ротора, а высота изменяется по его длине с образованием усечённого конуса, причём ротор установлен малым диаметром по направлению движения дозатора [2].

На рисунке 2 изображено устройство для механизированной очистки кормушек и дозированной выдачи кормов.

Устройство – очиститель кормушек – размещено на передней стенке бункера 9 мобильного дозатора кормов и состоит из роторной щётки 1, гидромотора 2, пневмопровода 3, вентилятора 4 с гидроприводом, бункера-циклона 5, механизма для подъёма и опускания щётки 6 и дозатора кормов с элементами выгрузного транспортёра 7, блока битеров 8, продольного транспортёра 10 (рис. 2.1).

При движении устройства (рис. 2.1, 2.2) роторная щётка 1 цилиндрической формы, состоящая из вала 11, ротора 12 с ворсом 13, перемещается вдоль кормушки с остатками кормовых материалов. Поэтому конструкция очистителя выполнена в виде горизонтально расположенного ротора со щётками из капронового ворса и расположена под углом α к его оси с изменяемой высотой по длине и образованием конуса, где ротор установлен малым диаметром по направлению движения дозатора (рис. 2.3).



Рис. 1 – Общий план исследований

Предлагаемое устройство (роторная щётка 1, вентилятор 4, механизм подъёма и опускания щётки 6) агрегируется трактором класса 1,4 и приводится в движение от его гидросистемы, а рабочие органы дозатора (блок битеров 8, продольный 10 и выгрузной 7 транспортёры) – от вала отбора мощности (ВОМ) трактора.

Технологический процесс очистки кормушек и дозированной подачи кормов происходит следующим образом. Кормовой материал из кормоцепа загружается в бункер 9 мобильного дозатора и транспортируется к животноводческому помещению (рис. 2.2). С помощью гидросистемы трактора включают вентилятор 4 и роторную щётку 1 очистителя в рабочее положение (рис. 2.4), а от вала отбора мощности (ВОМ) приводятся в движение блок битеров 8, продольный 10 и выгрузной 7 транспортёры.

Роторная щётка, приводимая во вращение гидромотором, выводит кормовые остатки из состояния покоя и направляет в пневмопровод. Воздушный поток, создаваемый в пневмопроводе вентилятором, транспортирует кормовые остатки в бункер-циклон, где они оседают.

При перемещении экспериментальной конструкции вдоль кормового прохода происходит очистка кормушек 14 от кормовых остатков 15 и дозированная выдача кормов 16 (рис. 2.2). Кормовые остатки, собранные в циклоне, транспортируются в кормоцех для обработки (рис. 2.4).

Технологическая эффективность работы данного устройства зависит от геометрических размеров и количества ворсин на щётке.

Масса ворса G_B щётки выбирается из условия технологической эффективности. На основании этого выбирается общее количество ворсин $i_{общ}$ с общей массой γ_{mv} при их свободной длине L_0 и поперечном сечении f_{np} . Диаметр прутьев d определяется из условия обеспечения заданной жёсткости ворса

$$H_{отн} = \frac{EJ}{L_0} \approx \frac{0,05d^4 E}{L_0}, \quad (1)$$

где $E = (0,8...1,5) \cdot 10^5$ кг/см² – модуль упругости материала ворса;

$J = 0,05d^4$ – момент инерции поперечного сечения прутка ворса, см⁴;

L_0 – свободная длина прутка ворса щётки,

$L_0 = 15$ см;

L – длина щётки, $L = 45$ см;

$H_{отн} \approx 0,05...0,15$ кг · см.

Тогда диаметр

$$d = \sqrt[4]{\frac{H_{отн} L_0}{0,05 E}} = \sqrt[4]{\frac{0,1 \cdot 15}{0,05 \cdot 0,97 \cdot 10^5}} = 2,36 \text{ мм.}$$

Принимаем $d = 3$ мм = 0,3 см.

Площадь поперечного сечения прутка ворса

$$f_{np} = \frac{3,14 \cdot (0,3)^2}{4} = 0,07 \text{ см}^2. \quad (2)$$

Общее количество ворса щётки определяем выражением:

$$i_{общ} = \frac{1000 G_B}{L f_{np} \gamma_{mv}} = \frac{1000 \cdot 3}{45 \cdot 0,07 \cdot 1,15} = 828,2 \text{ шт.}, \quad (4)$$

принимая $i_{общ} = 830$ шт.

Срок службы щётки определяем по критерию изломоустойчивости:

$$T = \frac{mk_{щ}}{60n_{щ}} = \frac{50000 \cdot 3000}{60 \cdot 66} = 3,78 \cdot 10^4, \text{ час}, \quad (5)$$

где $n_{щ}$ – частота вращения щётки; $n_{щ} = 66$ с⁻¹;

$k_{щ} = 3000$ – показатель числа перегибов ворса до излома;

$m = 50000$ – переводный коэффициент.

Равномерность распределения прутков ворса в щётке зависит от её конструкции, размеров ворса и технологии изготовления.

Для снижения энергозатрат и повышения эффективности очистки необходимо оптимизировать параметры установки. Для этого проведены исследования с использованием планирования эксперимента [3]. Критерии оптимизации, факторы и их значения представлены в таблице.

После обработки экспериментальных данных получили уравнения регрессии:

$$\delta = 0,27 - 0,065K - 0,03v - 0,051n + 0,08m - 0,053l + 0,031Kn + 0,01Km - 0,017vm - 0,04vl + 0,012nm + 0,03nl - 0,03K^2 + 0,02v^2 - 0,01n^2 + 0,01m^2 + 0,02l^2 \quad (6)$$

$$\Theta = 73,554 - 1,722K + 6,6v - 4,25n + 1,86m + 13,217l + 4,106Kv + 3,031Kn - 4,081km + 3,881vn + 3,156vl + 2,506nm + 1,844nl - 2,769ml - 8,748K^2 - 4,648v^2 + 3,602n^2 - 1,998m^2 - 3,598l^2 \quad (7)$$

Оптимизация параметров установки для механизированной очистки кормушек и дозированной подачи кормов

Уровень фактора	Фактор					Критерий оптимизации	
	число лопастей щётки, K , шт.	скорость перемещения щётки, v , м/с	частота вращения щётки, n , мин ⁻¹	число пучков ворса на лопасти, m , шт.	длина щётки, l , м	эффективность очистки жёлоба δ , %	удельные энергозатраты на 1 м длины жёлоба Θ , кВт · ч/м
Верхний (+)	7	1,9	7,8	9	0,6		
Основной (0)	6	1,7	7,5	7	0,5		
Нижний (-)	5	1,5	7,2	5	0,4		

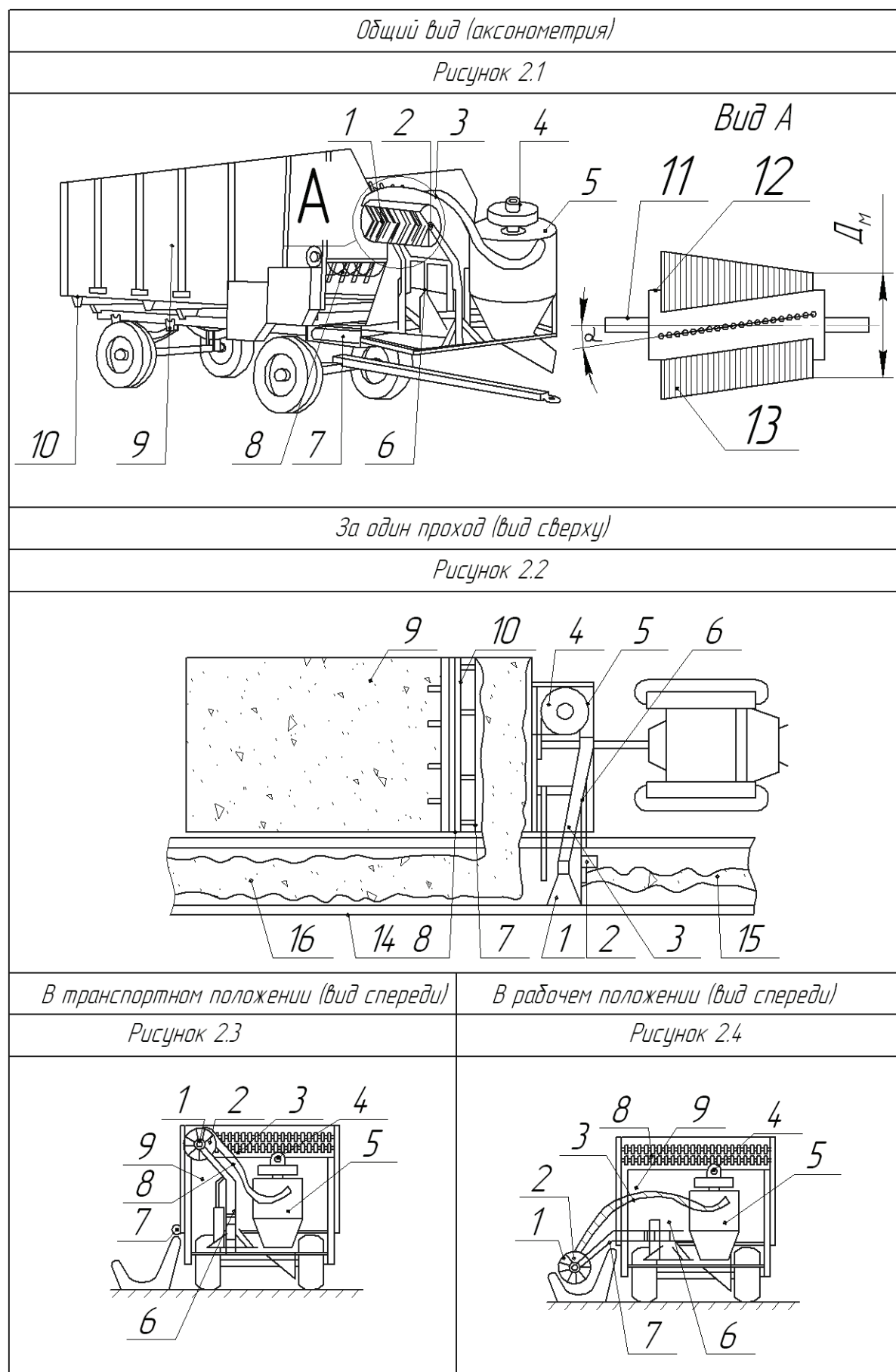


Рис. 2 – Устройство для механизированной очистки кормушек и дозированной подачи кормов

Адекватность уравнений оценивали по критерию Фишера для пятипроцентного уровня значимости. Максимум эффективности очистки и минимум удельных энергозатрат определяли в результате анализа двумерных поверхностей отклика.

Установлено, что $\delta_0 = 85\text{--}90\%$ и $\Theta = 0,2\text{--}0,3$ Вт·ч/м соответствуют следующие оптимальные значения факторов: число лопастей роторной щётки – 6; скорость перемещения щётки тл – 1,7 м/с; частота вращения щётки – $n_{щ}$ – 7,5 мин⁻¹; число пучков ворса на лопасти m – 7 шт.; длина щёток $\ell_{щ}$ – 0,5 м.

Выводы. 1. Новая технология, включающая предварительную очистку кормушек и дозирован-

ную раздачу корма, улучшает санитарные условия при кормлении животных, снижает трудоёмкость и энергоёмкость технологического процесса.

2. Математические модели (6) и (7) можно использовать для расчётов при разработке усовершенствованного роторного щёточного очистителя.

Литература

1. Коба В.Г. Механизация и технология производства продукции животноводства. М.: Колос, 2000. 528 с.
2. Пат. №2379884 Российской Федерации, МПК А01К5/00 Устройство для очистки кормушек и раздачи кормов / Зайцев П.В., Зайцев С.П., Алексеев С.А. № 2008144468/12; Заяв. 10.11.2008; опуб. 27.01.2010, Бюл. № 3.
3. Мельников С.В., Алеткин В.Р., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Л.: Колос, 1980. 230 с.