

УДК 631.3:636

А. В. Китун¹, доктор технических наук, профессор,
П. Ю. Крупенин², кандидат технических наук, доцент

¹Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
пр-т Независимости, 99, 220023 Минск, Республика Беларусь, ktmg@batu.edu.by

²Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного
Знамени сельскохозяйственная академия», ул. Мичурина, 5, 213407 Горки, Республика Беларусь, pavel@krupenin.com

АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ КОРМЛЕНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Процесс приготовления и выдачи полнорационных кормовых смесей является сложной биотехнической целенаправленной системой «человек → машина → корм → животное». Адресатом этой системы является животное с его потребностями в питательных веществах для получения планируемой продуктивности, которая представлена определенным набором кормов и кормовых добавок.

В ходе анализа различных конструктивных исполнений стационарных систем раздачи кормов животным установлено, что наибольшее распространение получили кормораздающие устройства на основе конструкции ленточных конвейеров и роботизированных координатных кормораздатчиков. Автоматизация технологических систем кормления животных позволяет исключить ручные трудозатраты при раздаче кормов животным и повысить точность выполнения технологических операций.

При обосновании состава и основных технологических параметров стационарной системы раздачи кормов животным необходимо учитывать не только численность обслуживаемого поголовья животных, но и технические особенности загрузочных устройств, а также геометрические характеристики животноводческих и вспомогательных помещений.

Ключевые слова: стационарный кормораздатчик; кормовая смесь; автоматизация; робот-кормораздатчик; крупный рогатый скот.

Рис. 2. Табл. 3. Библиогр.: 8 назв.

A. V. Kitun¹, DSc in Technical Sciences, Professor,
P. Y. Krupenin², PhD in Technical Sciences, Associate Professor
¹Institution of Education “Belarusian State Agrarian Technical University”,
99 Nezalezhnosti Ave., 220023 Minsk, the Republic of Belarus, ktmg@batu.edu.by
²Institution of Education “Belarusian State Agricultural Academy”,
5 Michurina Str., 213407 Horki, the Republic of Belarus, pavel@krupenin.com

ANALYSIS AND RATIONALE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF STATIONARY CATTLE FEEDING SYSTEMS

The process of preparing and dispensing complete feed mixtures is a complex biotechnical-targeted system involving the following elements: human operator, machine, feed, and animal. The system is designed to address the nutritional needs of animals, with the objective of achieving the desired level of productivity. This productivity is represented by a specific set of feeds and feed additives.

A thorough analysis of various design iterations of stationary systems for distributing feed to animals revealed that feed distributing devices based on the design of belt conveyors and robotic coordinate feed dispensers are the most widely utilised. The automation of feeding systems for animals has been shown to eliminate manual labour costs and enhance the precision of operational processes.

When substantiating the composition and main technological parameters of a stationary system for distributing feed to animals, it is necessary to take into account not only the number of animals served, but also the technical features of the loading devices, as well as the geometric characteristics of livestock and auxiliary premises.

Key words: stationary feed distributor; feed mixture; automation; robotic feed distributor; cattle.

Fig. 2. Table 3. Ref.: 8 titles.

Введение. Рост производства продукции животноводства, снижение затрат кормов и труда на единицу продукции немислимы без рационального использования кормов и машин для механизации процессов по их подготовке в соответствии с зоотехническими требованиями и доставки в кормушки животных.

Известно, что процесс приготовления и выдачи полнорационных кормовых смесей является сложной биотехнической целенаправленной системой «человек → машина → корм → животное». Адресатом этой системы является животное с его потребностями в питательных веществах для получения планируемой продуктивности, которая представлена определенным набором кормов и кормовых добавок [1].

В то же время приготовление и раздача кормовых смесей на животноводческих фермах являются процессами энерго- и трудоемкими, требующими значительных дополнительных затрат на строительство кормоцехов, приобретение и последующую эксплуатацию машин и оборудования [2].

Среди номенклатуры технических средств для приготовления и раздачи кормов на животноводческих фермах и комплексах следует выделить группу стационарно установленного в животноводческом помещении оборудования, обеспечивающего высокую, вплоть до третьего уровня, автоматизацию данного технологического процесса [3].

Методология и методы исследования. Правильная организация раздачи кормов животным имеет важное значение. По трудоемкости она составляет 30...40 % от общих трудовых затрат по уходу за животными [1].

К кормораздающим устройствам предъявляются следующие зоотехнические требования:

- отклонение дозы по массе на одну голову для крупного рогатого скота составляет: стебельчатых кормов — 10 %; корнеклубнеплодов — 15 %; комбикормов и концентрированных кормов — 5 %; минеральных добавок — 5 %;

- продолжительность операции раздачи кормов в одном помещении не должна превышать 30 мин при использовании мобильных средств, 20 мин — при раздаче стационарными средствами;

- кормораздатчики должны быть универсальными в отношении возможности выдачи всех видов кормов;

- применяемые технические средства должны иметь высокую производительность и возможность регулирования нормы выдачи на одну голову в пределах, полностью охватывающих весь диапазон вариаций кормового рациона;

- оборудование должно создавать минимальный уровень шума в помещении, механизированно очищаться от остатков корма, быть безопасным и надежным в эксплуатации.

В ходе теоретических исследований применялись методы анализа, классификации, дедукции и синтеза.

Результаты исследования и их обсуждение. Стационарные раздатчики — установки, смонтированные в одном или нескольких сблокированных помещениях и раздающие животным корм по фронту кормления.

Стационарные системы кормления широко представлены ленточными транспортерами — раздатчиками кормов, которые обеспечивают выдачу всех видов кормов (кроме жидких) крупному и мелкому рогатому скоту, лошадям и другим жвачным животным.

Размещаемый в кормушке ленточный транспортер — раздатчик кормов включает в себя кормовой желоб, приводную и натяжную станции, рабочий орган в виде соединенных друг с другом ленты и тяговой цепи, загрузочный бункер, электрооборудование. Конечные выключатели останавливают рабочий орган в крайних положениях хода. Кормовой желоб наряду с направляющей для рабочего органа одновременно образуют кормушку для животных.

Производительность ленточного транспортера можно определить по формуле

$$Q_{л} = F_{л} v_{л} \rho,$$

где $F_{л}$ — площадь поперечного сечения корма на ленте во время его перемещения, м²;

$v_{л}$ — скорость ленты, м / с;

ρ — насыпная плотность корма, кг / м³.

Встроенные в кормушки цепочно-скребковые кормораздатчики распространены на фермах для раздачи смесей сухих концентрированных, грубых и сочных кормов, а также влажных мешанок.

Стационарный скребковый кормораздатчик представляет собой горизонтальный цепочно-скребковый транспортер открытого типа, смонтированный на дне желоба кормушки, состоящей из двух параллельных и закольцованных каналов.

При работе цепочно-скребкового кормораздающего транспортера каждый скребок транспортирует порцию корма. Производительность и параметры цепочно-скребкового транспортера можно определить по формуле

$$Q = h_c b_c v_{ц} \rho \psi k_{п},$$

где h_c, b_c — высота и ширина желоба (по внутреннему обмеру) соответственно, м;

$v_{ц}$ — скорость движения цепи со скребками, м / с;

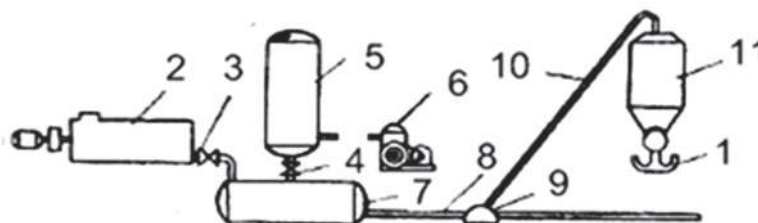
ρ — плотность корма или кормовой смеси, кг / м³;

ψ — коэффициент заполнения желоба кормом;

$k_{п}$ — коэффициент, учитывающий влияние угла подъема транспортера.

В качестве стационарных кормораздающих устройств применяются пневмо- и гидро-транспортные установки. Установка для транспортировки и раздачи полужидких кормов (рисунок 1) по трубам (кормопроводам) сжатым воздухом содержит следующие основные сборочные единицы: компрессор, ресивер, продувочный котел, магистральный кормопровод с отводами и устройством для автоматического изменения направления подачи кормов, кормоприемные бункера, кормопроводы-дозаторы с комплектом двусторонних кормушек.

При раздаче приготовленный корм поступает в продувочный котел 7, который после наполнения герметически закрывается. После этого в котел из ресивера 5 подается сжатый воздух, под действием которого корм выталкивается в подсоединенный к конусному днищу котла магистральный кормопровод 8 и транспортируется по нему в бункера-накопителя 11, из которых поступает в кормушки 1. Корма могут транспортироваться на расстояния до 500...600 м при давлении сжатого воздуха 0,6...0,8 МПа. Производительность установки варьируется в пределах от 10 до 15 т / ч.



1 — кормушки; 2 — смеситель кормов; 3, 4 — вентили; 5 — ресивер; 6 — компрессор; 7 — продувочный котел; 8 — магистральный кормопровод; 9 — переключатель; 10 — отвод; 11 — бункер-накопитель; 12 — разводящий кормопровод; 13 — смеситель кормов; 14 — насос

Рисунок 1. — Технологическая схема пневмотранспортной установки для раздачи кормов

Фактическая подача ($\text{м}^3 / \text{ч}$) пневмотранспортной кормораздающей установки с одним продувочным котлом определяется по формуле

$$Q_{\text{ф}} = \frac{W_{\text{п.к}}}{t_3 + t_{\text{п}} + t_0},$$

где $W_{\text{п.к}}$ — полезная вместимость продувочного котла, м^3 ;

t_3 — время загрузки котла, ч;

$t_{\text{п}}$ — время подачи порции корма, находящейся в котле, в кормоприемный бункер, ч;

t_0 — потери времени на подготовительно-заключительные операции (открытие и закрытие кранов, задвижек, создание давления в ресивере и котле), ч.

Наиболее выгодным с точки зрения минимизации гидравлических сопротивлений считается диаметр кормопровода, равный 100...150 мм. Если диаметр превышает 150 мм, то это не дает заметного энергетического эффекта, так как потери напора в трубах диаметром 150 мм и, например, 200 мм отличаются незначительно. С другой стороны, использование труб диаметром 200 мм ведет к резкому возрастанию металлоемкости кормопроводной сети.

Производители стационарных технических средств для приготовления и раздачи кормов стремятся в той или иной степени оснастить их автоматизированными системами управления [4—7]. Так, фирма Pellon Group OY (Финляндия) разработала и предлагает потребителям несколько вариантов исполнения стационарных систем раздачи корма для различных технологий содержания животных (рисунок 2).

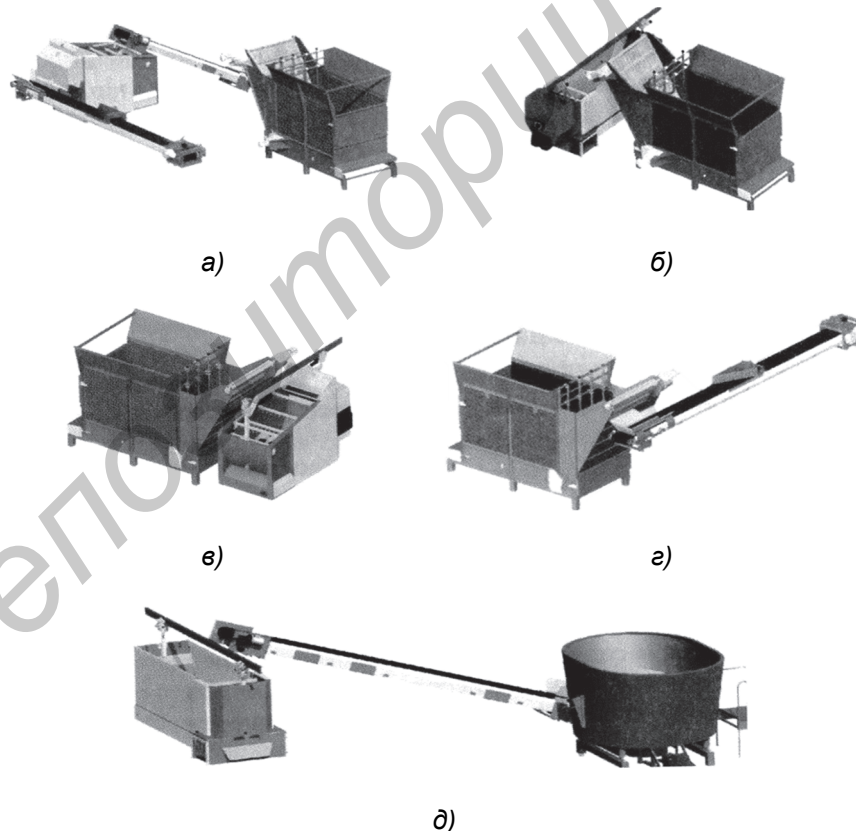


Рисунок 2. — Варианты исполнения автоматизированных систем фирмы Pellon Group OY

При беспривязном содержании животных предлагается использовать несколько вариантов исполнения автоматизированной системы кормления животных, основными элементами которых являются робот-кормораздатчик Pellon TMR (см. рисунок 2, а, в—д). Для кормления животных при привязном способе содержания предлагается линия в составе загрузчика и робота-кормораздатчика Pellon Combi (см. рисунок 2, б).

Для реализации предложенных вариантов построения автоматизированных систем кормления животных фирмой разработаны подвесные роботы-кормораздатчики с различными функциональными возможностями. Конструктивное исполнение робота-кормораздатчика Pellon TMR позволяет приготавливать полностью сбалансированные по питательным веществам кормосмеси.

Pellon TMR оборудован электронной системой взвешивания, которая обеспечивает заполнение бункера кормораздатчика исходными компонентами кормосмеси с использованием весового дозирования каждого из них. Система смешивания комбинированная, состоит из конвейера и шнека. Конвейер, захватывая своими гребенками компоненты кормосмеси, перемещает их из нижней части в верхнюю, откуда корм под действием силы тяжести скатывается вниз. Размещенный в середине бункера шнек дополнительно перемешивает кормосмесь в горизонтальном направлении. В результате такого комбинированного воздействия исходные компоненты быстро образуют однородную по составу кормовую смесь.

Установленная мощность электродвигателя привода рабочих органов составляет 2,2 кВт. Электроснабжение кормораздатчика осуществляется от токопроводящей шины, установленной вдоль монорельса. Робот Pellon TMR способен обслужить 200...300 голов крупного рогатого скота.

Для группового кормления животных можно использовать и стационарные автоматизированные технические средства раздачи кормов. Так, фирма Pellon Group OY предлагает потребителям ленточный конвейер Pellon Belt Feeder, который устанавливается в животноводческом помещении над кормовым проходом.

Предварительно приготовленная кормосмесь подается в приемную часть ленточного конвейера и далее ленточным транспортером перемещается над кормовым проходом. Над ленточным транспортером установлено сбрасывающее поворотное устройство в виде клина, которое имеет возможность автономного перемещения вдоль транспортера.

За счет управления перемещением сбрасывающего устройства (вручную или с помощью компьютера Graphics) обеспечивается выдача необходимого количества корма в кормушку или на кормовой стол. Раздача кормов может производиться на левую или правую сторону от ленты транспортера за счет поворота клиновидного сбрасывающего устройства, выполняемого автоматически сервомотором, установленным в конце конвейера. Ширина ленты конвейера — 450 мм, длина — до 80 м, установленная мощность привода — 3 кВт.

Для кормления животных при привязном содержании фирмой Pellon Group OY разработан робот-кормораздатчик Pellon Combi, конструктивное исполнение которого и возможности системы управления позволяют осуществлять индивидуальное кормление животных в соответствии с запрограммированным рецептом.

Отличительная особенность робота — реализованный в его конструкции способ приготовления кормосмеси с помощью поперечного раздаточного ленточного транспортера, оснащенного системой электронного взвешивания. На транспортер дозаторами (работают в согласованном с системой взвешивания режиме) из соответствующих бункеров подается необходимая порция объемистых (силос, сенаж, сено) и концентрированных кормов. Исходные компоненты кормосмеси смешиваются в процессе их подачи на поверхность транспортера. Готовая порция кормосмеси транспортером выгружается конкретному животному в кормушку или на кормовой стол.

Для дозированной раздачи предварительно приготовленной кормосмеси или грубых кормов служат роботы-кормораздатчики Pellon Silage (используются при беспривязном содержании животных). Для раздачи грубых кормов фирма предлагает потребителям роботы-кормораздатчики Pellon 1500 и Pellon 2500.

Технические характеристики роботов-кормораздатчиков фирмы Pellon Group OY представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1. — Технические характеристики роботов-кормораздатчиков фирмы Pellon Group OY

Показатель	Модель кормораздатчика					
	Pellon TMR	Pellon Silage	Pellon 2000 Combi	Pellon 3000 Combi	Pellon 1500	Pellon 2500
Вместимость, кг	2 000	2 500	2 100	3 100	1 500	2 500
Ширина ленты, мм	1 100; 1 300; 1 500					
Габаритные размеры, мм						
длина	3 020	3 400	3 100	4 100	2 400	3 400
ширина	1 330	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
высота	2 400	2 050	1 850	1 850	1 850	1 850
Масса, кг	1 200	940	750	965	700	915

Для управления процессом кормления животных фирма Pellon Group OY разработала новое поколение компьютеров Pellon: Pellon Graphics, Pellon PT-400 и Pellon PT-200.

Фирма Mullerup A/S (Дания) предлагает потребителям также различные варианты автоматизированных систем кормления животных, которые по назначению и исполнению в общем аналогичны предыдущим. Так, конструкция роботов-кормораздатчиков Mix Feeder этой фирмы позволяет выполнять приготовление кормосмеси и ее раздачу в животноводческих помещениях с различными системами содержания животных в автоматическом режиме под управлением компьютера MIT или вручную.

Для кормления молочного стада с большим поголовьем (до 1 000 коров) при беспривязном содержании фирма GEA Farm Technologies (Германия) разработала систему MIX & CARRY, состоящую из подвешенного робота-кормораздатчика и стационарного смесителя MVM для приготовления кормосмесей.

Подвесные роботы-кормораздатчики MIX & CARRY с бункером вместимостью 2 или 3 м³ могут обслуживать до 20 групп животных, выдавая им до 30 рационов кормосмесей, перемещаясь при этом со скоростью 8...16 м / мин.

Стационарный смеситель MVM представляет собой бункер с вертикально установленными рабочими органами шнекового типа, оснащенный электронной системой взвешивания компонентов кормовой смеси. Для удовлетворения потребностей ферм с различным поголовьем животных выпускается широкий типоразмерный ряд кормосмесителей (таблица 2).

Шведская фирма DeLaval также предлагает автоматизированные линии приготовления и раздачи кормов для молочного-товарных ферм и комплексов. Автоматические кормораздатчики этой фирмы легко интегрируются в основные системы кормления и могут работать под управлением компьютерной системы ALPRO или стандартного бортового компьютера.

Система ALPRO контролирует процесс автоматического кормления стада и может применяться в сочетании с системой идентификации животных. Если автоматическое распознавание коров не вписывается в конкретную планировку животноводческого помещения, то можно использовать стандартный бортовой компьютер кормораздатчика, имеющий набор базовых функций для кормления коров, в том числе дневной рацион кормления, режимы наращивания и уменьшения выдачи кормов и режим расчетного потребления корма на одну корову.

Т а б л и ц а 2. — Технические характеристики стационарных смесителей MVM

Показатель	Модель смесителя		
	MVM 6,5/8/10	MVM 14/18	MVM 22/27
Вместимость, м ³	6,5; 8; 10	14; 18	22; 27
Число шнеков, шт.	1	2	2
Число ножей на шнеке, шт.	5	10	14
Установленная мощность, кВт	15	22	30

DeLaval выпускает подвесные кормораздатчики нескольких типов с различными функциональными возможностями. Основной конструктивной особенностью, которой обладают все кормораздатчики DeLaval, является перемещение по монорельсу.

Кормораздатчик RA 135 обеспечивает кормление стада полнорационными кормосмесями и используется на фермах, оборудованных системой добровольного доения коров роботами VMS этой же фирмы. Кормораздатчик спроектирован для частой автоматической раздачи корма в течение 24 ч в сутки, работает в автономном режиме и имеет конструктивную возможность увеличения длины, следовательно, и вместимости бункера (таблица 3).

Обоснование состава и характеристик автоматизированной технологической системы кормления животных начинают с расчета количества кормораздатчиков, необходимых для обслуживания поголовья животных:

$$n_k = \frac{Q_k T_{\text{ц}}}{W_k \eta_t},$$

где Q_k — производительность кормораздатчика за один час сменного времени, т / ч;

$T_{\text{ц}}$ — длительность транспортного цикла, ч;

W_k — грузоподъемность кормораздатчика, т;

η_t — коэффициент использования времени смены кормораздатчика.

Производительность робота-кормораздатчика за один час сменного времени

$$Q_k = m_{\text{ж}} q v_{\text{ср}} L_{\text{р}} k_{\text{р}},$$

где $m_{\text{ж}}$ — число животных на ферме;

q — количество корма i -го вида, расходуемое по максимальному суточному рациону на одно животное, кг;

$v_{\text{ср}}$ — средняя скорость движения кормораздающего средства, км / ч;

$L_{\text{р}}$ — длина фронта раздачи кормов, км;

$k_{\text{р}}$ — коэффициент загрузки кормораздатчика.

Длительность транспортного цикла робота-кормораздатчика

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{раз}} + t_{\text{вспом}},$$

где $t_{\text{раз}}$ — время, затрачиваемое на непосредственную раздачу корма, ч;

$t_{\text{вспом}}$ — время, затрачиваемое на вспомогательные операции, ч;

Т а б л и ц а 3. — Технические характеристики кормораздатчика RA 135

Показатель	Значение
Вместимость бункера, м ³	От 2,5 (увеличивается на 3,7 м ³ с увеличением длины бункера на 1 м)
Минимальная ширина кормового проезда, мм	2 000
Высота расположения монорельса относительно кормового стола, м	2 150
Мощность на привод, кВт	
битерного устройства	4
выгрузного транспортера	0,37
опорных тележек	0,75
Габаритные размеры, мм	
длина	От 3 900
ширина	1 350
высота	1 650
Масса, кг	950

$$t_{\text{вспом}} = t_{\text{заг}} + t_{\text{простои}} + t_{\text{ТО}} + t_{\text{рем}},$$

где $t_{\text{заг}}$ — время загрузки, ч;

$t_{\text{простои}}$ — время, затрачиваемое на простой по технологическим причинам, ч;

$t_{\text{ТО}}$ — время, затрачиваемое на техническое обслуживание, ч;

$t_{\text{рем}}$ — время, затрачиваемое на ремонт машины, ч.

Время на загрузку бункера кормораздатчика определим по формуле

$$t_{\text{заг}} = \frac{W_{\text{T}} k_{\text{T}}}{Q_{\text{з-в}}},$$

где W_{T} — полезная грузоподъемность раздатчика кормов, т;

k_{T} — коэффициент использования грузоподъемности кормораздатчика [8];

$Q_{\text{з-в}}$ — средняя гармоническая производительность загрузочно-разгрузочного процесса, т / ч.

Значение средней гармонической производительности загрузочно-разгрузочного процесса кормораздатчика можно определить по формуле

$$Q_{\text{з-в}} = \frac{2Q_{\text{загр}}Q_{\text{выгр}}}{Q_{\text{загр}} + Q_{\text{выгр}}},$$

где $Q_{\text{загр}}$ — производительность загрузчика кормораздатчика, т / ч;

$Q_{\text{выгр}}$ — производительность выгрузного устройства кормораздатчика, т / ч.

Полезная грузоподъемность раздатчика кормов

$$W_{\text{T}} = \frac{V_{\text{раз}} - V_{\text{оборуд}}}{\rho},$$

где $V_{\text{раз}}$ — полный объем бункера кормораздатчика, м³;

$V_{\text{оборуд}}$ — объем оборудования, установленного в бункере кормораздатчика, м³;

ρ — плотность кормосмеси, кг / м³.

Время, затрачиваемое на раздачу кормов животным, можно определить по формуле

$$t_{\text{раз}} = \frac{m_{\text{ж}} L_{\text{разд}}}{v_{\text{разд}}},$$

где $m_{\text{ж}}$ — количество животных, обслуживаемых за один цикл, гол.;

$L_{\text{разд}}$ — длина фронта раздачи кормов на одно животное, м;

$v_{\text{разд}}$ — скорость движения агрегата при раздаче кормов, м / ч.

Стационарные системы кормления крупного рогатого скота, конструктивно выполненные с учетом зоотехнических требований, должны обеспечивать равномерность и точность раздачи корма, его дозировку отдельно каждому животному или группе животных, исключать загрязнение корма, расслаивание его по фракциям, не допускать травмирования животных.

Заключение. В ходе анализа различных конструктивных исполнений стационарных систем раздачи кормов животным установлено, что наибольшее распространение получили кормораздающие устройства на основе конструкции ленточных конвейеров и роботизированных координатных кормораздатчиков. Автоматизация технологических систем кормления животных позволяет исключить ручные трудозатраты при раздаче кормов животным и повысить точность выполнения технологических операций.

При обосновании состава и основных технологических параметров стационарной системы раздачи кормов животным необходимо учитывать не только численность обслуживаемого поголовья животных, но и технические особенности загрузочных устройств, а также геометрические характеристики животноводческих и вспомогательных помещений.

Список цитируемых источников

1. Машины и оборудование в животноводстве : учеб. пособие / Д. Ф. Кольга, Ф. И. Назаров, С. А. Костюкевич, А. А. Романович ; ред.: Н. В. Казаровец, Д. Ф. Кольга. — Минск : Беларусь, 2010. — 310 с.
2. Китун, А. В. Основы формирования поточных технологических линий на животноводческой ферме / А. В. Китун, П. Ю. Крупенин // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. — 2021. — № 2. — С. 160—164.
3. Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства : учеб. пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. — Минск : ИВЦ Минфина, 2011.
4. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе / И. Н. Шило, Н. К. Толочко, Н. Н. Романюк, С. О. Нукешев ; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, БГАТУ. — Минск : БГАТУ, 2016. — 335 с.
5. Роботизированные системы в животноводстве : учеб. пособие / А. А. Науменко, А. А. Чигрин, А. П. Палий [и др.] ; Харьк. нац. техн. ун-т сел. хоз-ва им. Петра Василенко. — Харьков : ХНТУСХ им. Петра Василенко, 2015. — 171 с.
6. Influence of Automatic Feeding Systems on Design and Management of Dairy Farms / F. Da Borso, A. Chiumenti, M. Sigura, A. Pezzuolo // Journal of Agricultural Engineering. — 2017. — Vol. 48. — P. 48—52.
7. Купреенко, А. И. Автоматические системы кормления на молочных фермах КРС / А. И. Купреенко, Х. М. Исаев, С. М. Михайличенко // Вестник Брянской ГСХА. — 2018. — № 3 (67). — С. 32—37.
8. Китун, А. В. Проектирование мобильных транспортных потоков на животноводческом предприятии / А. В. Китун, П. Ю. Крупенин, А. А. Романович // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. — 2021. — № 2. — С. 184—190.

Поступила в редакцию 03.10.2025.