

УДК 636.084.74

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-4-14-18

Концептуальное решение по роботизации процесса раздачи кормосмесей на молочной ферме КРС

С.М. Михайличенко,
канд. техн. наук, доц.,
S.M.Mikhailichenko@yandex.ru
(ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА
им. К.А. Тимирязева»);

А.И. Купреенко,
д-р техн. наук, проф.,
kupreenkoai@mail.ru
(ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ»);

Д.Ю. Павкин,
канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
dimqaqa@mail.ru

Е.А. Никитин,
канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
evgeniy.nicks@yandex.ru

Д.А. Благов,
канд. биол. наук, ст. науч. сотр.,
aspirantya2013@gmail.com
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Рассмотрен производственный опыт эксплуатации подвесных роботизированных кормораздатчиков DeLaval RA 135 в К(Ф)Х «Лопотов А.Н.» Псковской области. Изучены недостатки применяемой системы кормления. Предложена концептуальная модель роботизированной системы кормления КРС, включающей в себя колесные роботизированные кормораздатчики, автоматизированные бункеры-накопители и мобильный смеситель-раздатчик кормов для загрузки бункеров-накопителей и кормления животных на выгульно-кормовых площадках.

Ключевые слова: кормление КРС, роботизация, автоматическая система кормления, роботизированный кормораздатчик.

Постановка проблемы

Развитие сельского хозяйства и, в частности, молочного скотоводства идет по пути автоматизации технологических процессов, что обусловлено необходимостью повы-

шения эффективности производства в условиях нехватки трудовых ресурсов. Новшества позволяют более полно реализовывать генетический потенциал животных, рационально использовать корма, энергетические, финансовые и трудовые ресурсы, основные фонды и получать высококачественную, экологически чистую продукцию [1]. Данные технологии, получившие первоначально широкое распространение в западных странах, в настоящее время активно применяются и в России. Например, уже не являются редкостью молочные фермы, на которых используются доильные роботы, роботы-пододвигатели кормов. В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ ведутся активные работы по созданию отечественных прототипов роботизированных устройств, призванных заместить импортные аналоги [2, 3].

Однако необходимо отметить, что широко распространенные в западных странах автоматические системы кормления (АСК) [4-6] не нашли применения в России. Из открытых источников известны единичные случаи внедрения данных систем в нашей стране. Наиболее функциональные технически сложные АСК, позволяющие полностью автоматизировать процесс приготовления и раздачи кормосмесей (Lely Vector, Jeantil Automatic Feeding, Triliet T30, Triliet T40 и др.), отличаются высокой стоимостью [7, 8]. Основной причиной их использования на зарубежных фермах является снижение трудоемкости выполняемых работ и, соответственно, экономия на выплатах заработной платы [6]. Например, в Италии в 2018 г. оплата труда механизатора составляла 15 €/ч, или 105 € за смену 7 ч [9].

В России при относительно высоком уровне оплаты труда вне-

дрение дорогостоящих высокоавтоматизированных систем не приводит к столь существенному снижению расходов, делая их применение экономически невыгодным. Одним из немногих хозяйств, где подобные системы применяются, является К(Ф)Х «Лопотов А.Н.» в Псковской области [10]. Однако ввиду своей простоты принятая система кормления обладает рядом недостатков и требует совершенствования, что также подтверждается практикой – с 2013 г. данная технология так и не была внедрена в других хозяйствах.

Цель исследования – разработка концептуального решения по роботизации процесса раздачи кормосмесей крупному рогатому скоту на примере К(Ф)Х «Лопотов А.Н.» Псковской области с перспективой дальнейшего внедрения на отечественных фермах и комплексах.

Материалы и методы исследования

К(Ф)Х «Лопотов А.Н.» (бывшая ферма «Дашенька») расположено в с. Ротово Печорского района Псковской области. Общая численность стада 1007 животных, в том числе 500 дойных коров. В 2013 г. была проведена реконструкция, в ходе которой два коровника были переведены с привязного содержания на беспривязное. При этом в каждом коровнике кормовые проезды, приспособленные для работы мобильного кормораздатчика, были заменены на один кормовой проход шириной 2 м для перемещения подвешенного роботизированного кормораздатчика DeLaval RA 135 (рис. 1). Такое решение позволило увеличить полезную площадь помещений и разместить в них дополнительно по 50 животных.



Рис. 1. Вид коровника после реконструкции

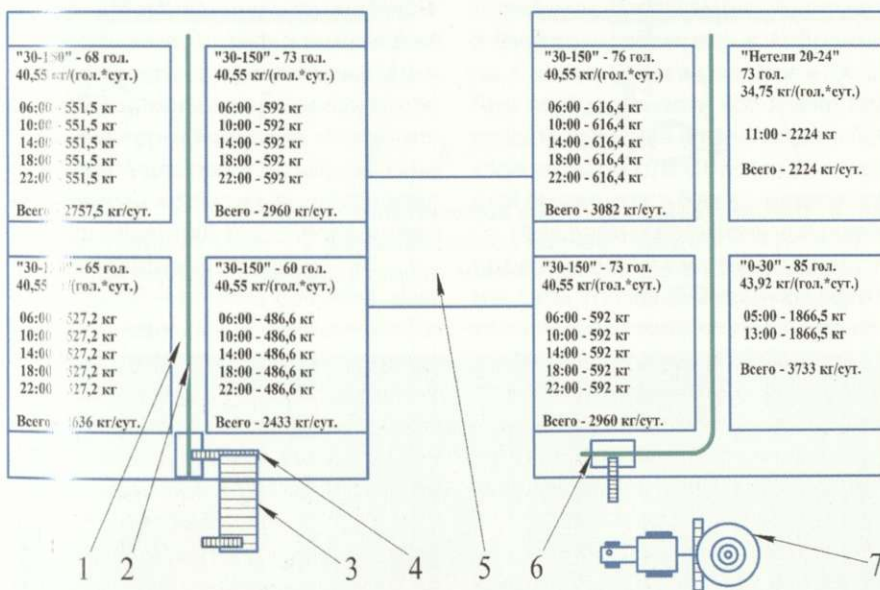


Рис. 2. План коровников № 1 (слева) и № 2 (справа):

- 1 – кормовой проход; 2 – подвесной рельсовый путь;
- 3 – бункер-накопитель (15 м³); 4 – ленточный транспортер;
- 5 – доильный зал;
- 6 – подвесной роботизированный кормораздатчик DeLaval RA135 (3,7 м³);
- 7 – мобильный смеситель-раздатчик кормов DeLaval VM12 (12 м³)

Применяемая в хозяйстве технология кормления, а также расположение групп животных, их численность, время начала кормления каждой группы и количество выдаваемого рациона за одно кормление и всего в сутки схематично представлены на рис. 2. Остальная часть стада содержится на выгульно-кормовых площадках, расположенных рядом с коровниками.

Для приготовления кормосмесей и их раздачи животным, расположенным на выгульно-кормовых площадках, а также для загрузки готовых кормосмесей во вмонтированный в стену коровника № 1 бункер-накопитель и робот через вмонтированный в стену коровника № 2 ленточный транспортер (рис. 3) используется мобильный смеситель-раздатчик кормов DeLaval VM 12. Значения плотности готовых кормосмесей варьируются в пределах 216-324 кг/м³, при этом максимальная масса загружаемых кормосмесей составляет:



Рис. 3. Бункер-накопитель в коровнике № 1 (слева) и ленточный транспортер в коровнике № 2 (справа)

- для мобильного СРК (емкость 12 м³) – 2594,4-3891,6 кг;
- для бункера-накопителя (15 м³) – 3243-4864,5 кг;
- для робота DeLaval RA 135 (3,7 м³) – 800-1200 кг.

В ходе посещения К(Ф)Х «Лопотов А.Н.» были выявлены следующие недостатки применяемой технологии кормления:

- при раздаче кормосмесей группам «Нетели 20-24» и «0-30» оператор мобильного СРК вынужден простаивать, поскольку для кормления каждой из этих групп роботизированному кормораздатчику требуется совершить 2-3 рабочих цикла, а его загрузка осуществляется напрямую из СРК через вмонтированный в стену ленточный транспортер;

- программирование работы кормораздатчика в коровнике № 2 затруднительно, поэтому его работа осуществляется преимущественно в ручном режиме, для чего требуется задействовать дополнительный персонал;

- для кормления животных (с 04:00 до 24:00) требуется организовывать две рабочие смены для операторов мобильного СРК.

Таким образом, ввиду своей простоты применяемая технология кормления в хозяйстве характеризуется рядом технологических недостатков, что не позволяет в полной мере реализовать потенциал роботизированных кормораздатчиков и, следовательно, требует дальнейшего совершенствования.

Результаты исследований и обсуждение

С целью устранения отмеченных недостатков предложена концептуальная модель системы кормления (рис. 4). Однако применительно к данному хозяйству целесообразно реализовывать не все предлагаемые решения. Например, внедрение колесных роботов не оправдано, поскольку в коровниках уже смонтированы рельсовые пути для работы подвесных кормораздатчиков. Хозяйство выбрано за основу, во-первых, для изучения передового опыта эксплуатации роботизированных

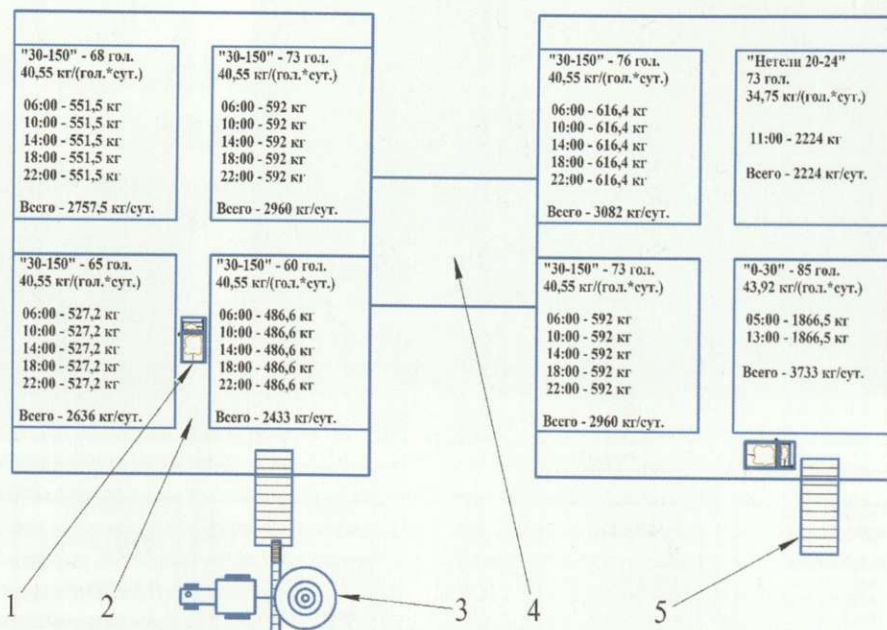


Рис. 4. Предлагаемая система кормления:

- 1 – колесный роботизированный кормораздатчик; 2 – кормовой проход; 3 – мобильный СРК с дополнительным транспортером; 4 – доильный зал; 5 – бункер-накопитель



Рис. 5. Мобильный смеситель-раздатчик кормов Jeantil MVV 12 с дополнительным транспортером

кормораздатчиков, во-вторых – для разработки концептуальной модели роботизированной системы кормления, адаптированной под условия на отечественных фермах.

Проведенный анализ роботизированных кормораздатчиков показал, что мировые производители начинают отказываться от выпуска подвесных моделей, отдавая предпочтение роботам колесного типа, для функционирования которых не требуется монтировать подвесные пути. Вопрос о том, какой из вариантов является

более предпочтительным – обслуживание каждого коровника отдельным роботом или обслуживание двух коровников одним роботом, а также решение задачи по определению оптимального объема работы требуют проведения дополнительного исследования.

Использование в предложенной системе мобильных СРК с дополнительным транспортером, например, от компании Jeantil (рис. 5), позволяет уменьшить количество потребного технологического оборудования и

упростить процесс загрузки бункеро-накопителей, что особенно актуально для крупных животноводческих комплексов. В целом для России, в отличие от европейских стран, характерно наличие большого количества крупных хозяйств, в которых наблюдается высокая концентрация животных – 800-2000 коров и более [11]. При этом в России на крупных фермах (агрохолдингах) производится 35-40 % всего объема молока [12].

Установка бункеро-накопителей обеспечит возможность промежуточного хранения готовых кормосмесей и их автоматическую загрузку в роботизированный кормораздатчик. Один бункер-накопитель можно использовать для работы с несколькими рационами кормления, например, при организации труда следующим предложенным способом:

1. 04:00 – начало рабочей смены. Для кормления группы «0-30» оператор мобильного СРК готовит кормосмесь и до 05:00 выгружает ее в бункер-накопитель в коровнике № 2 (3366,5 кг – один рейс ≈ 30 мин).

Согласно наблюдениям и проведенным исследованиям, в среднем продолжительность одного рейса составляет 20-30 мин [13, 14].

2. Приготовление кормосмеси для раздачи группе «30-150» в 06:00 и 10:00 (6731,5 кг – 2-3 рейса в зависимости от плотности кормосмесей ≈ 60-90 мин):

- 4314,5 кг кормосмеси загружается в бункер-накопитель (коровник № 1);

- 2417 кг – в освободившийся бункер-накопитель (коровник № 2).

3. Приготовление и раздача кормосмесей животным на выгульно-кормовых площадках.

4. Приготовление кормосмеси для раздачи группе «Нетели 20-24» и выгрузка ее в бункер-накопитель до 11:00 (2224 кг – один рейс ≈ 30 мин).

5. Приготовление кормосмеси для раздачи группе «0-30» и выгрузка ее в освободившийся бункер-накопитель до 13:00 (1866,5 кг – один рейс ≈ 30 мин);

6. Заключительный этап – приготовление кормосмеси для раздачи

группе «30-150» в 14:00, 18:00 и 22:00 (10097 кг – 3-4 рейса ≈ 90-120 мин). Коровник № 2 – 3625 кг, коровник № 1 – 6472 кг (20-29,9 м³). Поскольку бункер-накопитель не способен вместить такой объем кормосмеси, возможно несколько вариантов решения:

- использовать бункер-накопитель большего объема;

- выгрузить кормосмесь в бункер-накопитель в коровнике № 1 → выгрузить 3625 кг кормосмеси в бункер-накопитель в коровнике № 2 → оставшуюся кормосмесь выгрузить в бункер-накопитель в коровнике № 1 после начала раздачи в 14:00. При необходимости возможно временное хранение кормосмеси в бункере мобильного СРК для дальнейшей ее загрузки в бункер-накопитель.

Результаты сравнительной оценки предложенной системы и системы типа Trioliet T30 с точки зрения требуемого технологического оборудования на примере К(Ф)Х «Лопотов А.Н.» представлены в виде таблицы. Для сравнения в скобках приводятся значения для четырех коровников.

Таким образом, предлагаемая концептуальная модель автоматической системы кормления по сравнению с зарубежными аналогами

требует меньшего количества технологического оборудования, причем эффект усиливается при увеличении количества коровников, оборудованных такой системой. Кроме того, это позволяет полностью автоматизировать процесс раздачи кормосмесей и повысить его производительность, поскольку роботизированный кормораздатчик загружается готовыми кормосмесями, в результате продолжительность простоев минимальна.

Кормораздатчики с продольным транспортером имеют более простую конструкцию по сравнению с устройствами со шнеками, они технологичнее в изготовлении и отличаются меньшей стоимостью. Процесс приготовления кормосмесей и их загрузка в бункеры-накопители по трудовым и энергетическим затратам сопоставимы с процессом наполнения автоматизированных хранилищ для концентрированных кормов и бункеро-накопителей для основных компонентов рационов кормления. Последний случай может оказаться более трудо- и энергозатратным при удаленном расположении хранилищ кормов от коровника, поскольку за один рейс погрузчик перевозит меньшее количество корма, чем мобильный СРК.

Сравнительный анализ аппаратно-технологической структуры автоматических систем кормления

Trioliet T30			Предлагаемая система	
Оборудование		Количество	Оборудование	Количество
Бункеры-накопители	кукурузный силос	1 (2)	Бункеры-накопители	2 (4)
	травяной силос	1 (2)		
	сенаж	1 (2)		
	солома	1 (2)		
Всего		4 (8)	Всего	2 (4)
Робот-кормораздатчик со шнеком		2 (4)	Робот-кормораздатчик с продольным транспортером	2 (4)
Мобильный СРК		1	Мобильный СРК с дополнительным транспортером	1
Автоматизированные хранилища для концентрированных кормов		3-5 (6-10)		
Дополнительно: возведение галереи для проезда роботов и размещения элементов АСК				

Выводы

1. Существующие на рынке технически сложные системы зарубежного производства, позволяющие полностью автоматизировать процесс приготовления и раздачи кормосмесей на фермах КРС, имеют высокую стоимость, в связи с чем их применение на отечественных фермах оказывается неэффективным.

2. Для повышения эффективности процессов, связанных с кормлением КРС, предложено использовать колесные роботизированные кормораздатчики в сочетании с бункерами-накопителями, предназначенными для промежуточного хранения и автоматизированной загрузки готовых кормосмесей в кормораздатчик. При этом один бункер-накопитель может применяться для работы с несколькими рационами.

3. Для приготовления кормосмесей, их загрузки в бункер-накопитель и кормления животных на выгульно-кормовых площадках целесообразно применять мобильный смеситель-раздатчик кормов с дополнительным транспортером.

4. Дальнейшим направлением исследования послужит моделирование работы роботизированного кормораздатчика с целью определения его оптимального объема и наиболее предпочтительной схемы работы (2 коровника – 2 робота или 2 коровника – 1 робот).

Список

используемых источников

1. Острцов В.Н., Жильцов В.В. Эффективность механизации животноводства // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2012. № 2(20). С. 115-119.

2. Дорохов А.С., Никитин Е.А., Павкин Д.Ю. Колесные роботизированные технические средства: опыт и перспективы использования на животноводческих комплексах // Техника и оборудование для села. 2022. № 4 (298). С. 16-21.

3. Никитин Е.А., Дорохов А.С., Павкин Д.Ю. Совершенствование технологии приготовления кормовой смеси при реконструкции кормовых площадок // Техника и оборудование для села. 2019. № 11 (269). С. 32-34.

4. Pezzuolo A., Chiumenti A., Sartori L., Da Borso F. Automatic feeding systems: evaluation of energy consumption and labour requirement in north-east Italy dairy farm // Engineering for Rural Development. 2016. Vol. 15. Pp. 882-887.

5. Da Borso F., Chiumenti A., Sigura M., Pezzuolo A. Influence of Automatic Feeding Systems on Design and Management of Dairy Farms // Journal of Agricultural Engineering. 2017. T. 48. No. 1s. Pp. 48-52. DOI: 10.4081/jae.2017.642.

6. Grothmann A., Nydegger F., Häußermann A., Hartung E. Automatic feeding system (AFS) – potential for optimisation in dairy farming // Landtechnik. 2010; 65(2): 129-131.

7. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Автоматические системы кормления на молочных фермах КРС // Вестник Брянской ГСХА. 2018. № 3(67). С. 32-37.

8. Федоренко В.Ф., Мишуев Н.П., Буклагин Д.С., Гольяпин В.Я., Голубев И.Г. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития: науч. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 316 с.

9. Tangorra F.M., Calcante A. Energy consumption and technical-economic analysis of an automatic feeding system for dairy farms: Results from a field test // Journal of Agricultural Engineering. 2018;

49(4): 228-232. <https://doi.org/10.4081/jae.2018.869>.

10. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Эксплуатация автоматического кормогаона на молочной ферме // Сельский механизатор. 2018. № 6. С. 32-33, 40.

11. Иванов Ю.А. Результаты научных исследований по механизации и автоматизации животноводства // Техника и технологии в животноводстве. 2021. № 1(41). С. 4-11. DOI: 10.51794/27132064-2021-1-4.

12. Ерохин М.Н., Дорохов А.С., Кирсанов В.В., Чепурина Е.Л. Концепция построения регионального многофункционального сервисного центра по молочному животноводству // Агроинженерия. 2021. № 1 (101). С. 4-10. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-4-10.

13. Kupreenco A.I., Isaev Kh.M., Kuznetsov Yu.A., Mikhailichenko S.M., Kravchenko I.N., Kalashnikova L.V. Modeling of mobile TMR mixer operation // INMATEH – Agricultural Engineering. 2020. Vol. 61. N 2. Pp. 193-198. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-61-21>.

14. Семенихин А.М., Шварц С.А., Дзряя В.С. Обоснование методики выбора измельчителей-смесителей-раздатчиков // Вестник аграрной науки Дона. 2017. № 1(37). С. 68-75.

Conceptual Solution for Robotizing the Process of Distributing Feed Mixtures on the Cattle Dairy Farm

S.M. Mikhailichenko

(RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev)

A.I. Kupreenco

(Bryansk State Agrarian University)

D.Yu. Pavkin, E.A. Nikitin, D.A. Blagov
(FGBNU FNATS VIM)

Summary. The article deals with the practice of operating suspended robotic feed dispensers DeLaval RA 135 in the farm "Lopotov A.N." in the Pskov region. The disadvantages of the feeding system applied have been studied. A conceptual model of the robotic cattle feeding system is proposed which includes wheeled robotic feed dispensers, automated storage bins and a mobile feed mixer-dispenser for loading storage bins and feeding animals at feedlots.

Key words: cattle feeding, robotization, automatic feeding system, robotic feed dispenser.

