

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ДОЗИРОВАНИЯ СУХИХ СЫПУЧИХ КОМПОНЕНТОВ КОМБИКОРМА

Сергей Юрьевич Булатов, доктор технических наук

Владимир Николаевич Нечаев, кандидат технических наук

Алексей Николаевич Пронин, аспирант

Оксана Александровна Тареева, кандидат технических наук

Анатолий Евгеньевич Шамин, доктор экономических наук

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, г. Княгинино, Нижегородская обл., Россия

E-mail: bulatov_sergey_urevich@mail.ru

Аннотация. Развитие интенсивных технологий ведения сельского хозяйства невозможно без внедрения современных методов. Проблема производства комбикормов может быть решена не только разработкой новых машин и оборудования, но и внедрением современных систем управления. В статье проанализированы существующие системы управления дозаторами. Выявлено, что практически все программы предназначены для работы в ограниченных условиях, некоторые из них не учитывают ряд факторов, влияющих на точность подачи материала. Поэтому предложена программа управления двухшнековым дозатором. Чтобы ее разработать отталкивались от технологического процесса дозирования. Учитывали возможность управления двумя шнеками: сначала включается большой шнек (привод от асинхронного электродвигателя) и подает основную часть, затем он выключается и включается второй малый шнек (привод от асинхронного или шагового электродвигателя), который досыпает оставшуюся часть. При этом сигналы о количестве материала передаются от датчиков взвешивания (тензометрические). Предлагаемая программа управления двухшнековым дозатором разработана для ПЛК TM241C24R на языке программирования Structured Text (ST), одном из языков стандарта IEC61131-3, в среде EcoStruxure Machine Expert. Управление выведено на жидкокристаллический дисплей. На главном экране отображается основная информация: параметры электродвигателя, рецепт и показания взвешивающих датчиков. Программа позволяет работать с дозаторами в нескольких режимах. В автоматическом каждый дозатор подает только один компонент. В режиме ручного управления запуск и остановка дозаторов осуществляется оператором с панели управления. При этом возможно задавать частоту вращения вала дозатора. В режиме дозирования двумя шнеками подается один компонент. Предложенная программа поможет повысить точность дозирования в автоматическом режиме.

Ключевые слова: дозатор, дозирование, параметры, программа управления, сыпучие компоненты, точность дозирования

CONTROL PROGRAM FOR THE DOSING SYSTEM OF DRY BULK FEED COMPONENTS

S.Yu. Bulatov, *Grand PhD in Engineering Sciences*

V.N. Nechaev, *PhD in Engineering Sciences*

A.N. Pronin, *PhD Student*

O.A. Tareeva, *PhD in Engineering Sciences*

A.E. Shamin, *Grand PhD in Economics Sciences*

Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Nizhny Novgorod region, Knyaginino, Russia

E-mail: bulatov_sergey_urevich@mail.ru

Abstract. The development of intensive farming technologies is impossible without the introduction of modern technologies. The problem of compound feed production in the voiced aspect can be solved not only through the development of new machines and equipment, but also the introduction of modern control systems. The article presents an analysis of existing dispenser control systems. Based on the analysis of programs and control systems, it was revealed that almost all programs are designed to work in limited conditions, some of them do not take into account a number of factors affecting the accuracy of the material supply. Therefore, a control program for a twin-screw dispenser is proposed. When developing the management program, we started from the technological process of dosing. The possibility of controlling two augers was taken into account: first, a large auger (driven by an asynchronous electric motor) turns on and feeds the main part, then it turns off and the second small auger (driven by an asynchronous or stepper motor) turns on, which carries out the filling of the remaining part. In this case, signals about the amount of material supplied are transmitted from weighing sensors (strain gauges). The proposed control program for the twin-screw dispenser is developed for the TM241C24R PLC in the Structured Text (ST) programming language, one of the languages of the IEC61131-3 standard, in the EcoStruxure Machine Expert programming environment. The control is displayed on a liquid crystal display. The main screen displays basic information: the parameters of the electric motor, the recipe and the readings of the weighing sensors. The program allows you to control the operation of dispensers in several modes. In automatic mode, each dispenser supplies only one component. In manual control mode, the dispensers are started and stopped by the operator from the control panel. In this case, it is possible to set the rotation speed of the dispenser shaft. In the dosing mode with two augers, one component is dispensed with two augers. The proposed program will improve the accuracy of dosing in automatic mode.

Keywords: dispenser, dosing, parameters, control program, bulk components, dosing accuracy

Поддержание и развитие отрасли животноводства вносит ощутимый вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны. Для достижения высоких показателей реализуются технологии интен-

сивного ведения производства, где важна сбалансированность кормов. [6] Комбикорма, произведенные в России, по качественным показателям не уступают импортным. [1] Качество комбикормов зависит от точ-

ности введения необходимых компонентов, что обеспечивается соответствующим оборудованием — дозаторами. [19, 20] Для повышения точности дозирования внедряют программы для их управления. [3]

При решении узкоспециализированных задач иногда применяют смешанные способы управления дозаторами. Например, в изобретении RU 64018 U1 дозирование реализуется механическо-электрическим способом за счет замыкания контактов эксцентриком. Масса выданного материала задается через количество доз на пульте управления. [8] При патентном поиске найдены устройства и способы управления дозаторами, применяемые в Советском Союзе.

Интенсивное развитие промышленной электроники, разработка унифицированных ПЛК, периферийных устройств и исполнительных механизмов позволили существенно улучшить показатели систем управления: увеличилась гибкость АСУ ТП; уменьшились размеры и стоимость; возросло количество контролируемых и управляемых параметров и другое. В Белгородском государственном технологическом университете имени В.Г. Шухова на базе микроконтроллера STM32F303VCT6 предложена программа, управляющая работой электропривода ленточного весового дозатора по системе ШИП-ДПТ. Программа регулирует пропускную способность ленточного конвейера из-за изменения частоты вращения вала электродвигателя, получает сигналы от весовых датчиков и датчика скорости ленты. [12] Сама система управления конвейерного весового дозатора основана на двухконтурном управлении, один из которых контролирует пропускную способность конвейера, второй — частоту вращения вала электродвигателя. Программа по первому контуру сравнивает заданную пропускную способность с фактической и корректирует частоту вращения вала электродвигателя по второму контуру. [9] Слабая сторона программы — управление работой одним электродвигателем. Несоответствие блока самонастройки и корректирующего фильтра динамически изменяемым параметрам дозирующих устройств усложняет адаптацию системы управления при подаче двух потоков материалов. Данный недостаток устранен в изобретении RU 59276 U1 из-за введения в систему двух контуров управления. Разомкнутый контур отвечает за стабилизацию текущего соотношения двух потоков материалов, а замкнутый стабилизирует интегральное соотношение потоков. [7] Разработчикам из холдинговой компании «Сибирский цемент» и Кемеровского технологического института пищевой промышленности удалось улучшить качество цементного композита созданием программы управления весовыми дозаторами. Блоки управления и дозирования системы выстроены по теории вейвлет-преобразований. Обработка сигналов от датчиков скорости и веса происходит на базе алгоритма вейвлет-поиска соответствия. [18] Некоторые исследователи в производстве фтористого водорода предлагают управлять асинхронным электродвигателем, применяя ST-метод (с помощью переключающей таблицы), отмечая его преимущество перед векторным управлением с ориентацией по полю. Авторы считают, что это повышает качественные показатели готового продукта и надежность оборудования. [10] При этом оценка работоспособности программ управления может осуществляться с помощью компьютерного моделирования. А.Г. Бурцев, Е.В. Ма-

тюнина при оценке системы автоматического управления производительностью ленточного дозатора карбида кремния показали, что при воздействии весового датчика в интервале от минус 20 до 20%, регулятор системы управления в автоматическом режиме способен корректировать пропускную способность конвейера. При этом время перехода составляет 0,6 сек., а пере-регулирование — 20%. [4] Д.А. Шестов, Д.В. Шилин предложили программу настройки работы весового ленточного дозатора, разработанную в среде Matlab. Авторы заявляют, что с помощью программы можно смоделировать подачу дозируемого материала на ленту, оценить динамические параметры дозатора и асинхронного электродвигателя, который выступает в качестве привода. Отличительная особенность программы — возможность настройки не только классических регуляторов управления асинхронным двигателем, но и интеллектуальных алгоритмов. [15] Исследователи из Сибирского федерального университета при разработке строительного 3Д-принтера сделали вывод, что непрерывные регуляторы уступают нейро-нечетким, обладающим способностью обучения и цифровизации. [5] Для управления весовыми дозаторами предложена программа «TAURAS-FENIX» (ЗАО «Таурас-Феникс»), которая принимает сигналы со взвешивающих устройств (AD-105C) и управляет приводами шаговых дозаторов (шаговые электродвигатели). Также программа помогает проводить диагностику неисправностей системы управления дозатора и контролировать его работоспособность. [11] Минусы — возможность управления только шаговыми электродвигателями, так как такой вид дороже асинхронных. Кроме программ непосредственного управления дозаторами разработаны вспомогательные, например, колеровочная Tinter для автоматических дозаторов (обслуживающая программа). С ее помощью из баз данных оператор выбирает наименование продукта, размер тары, в которую насыпают материал, формирует команды работы дозатора, осуществляет заполнение колерантами, корректирует цвет. [17] Известны программы определения координат расположения дозатора и объекта, в который подается дозируемый материал. [13, 14]

Анализ программ и систем управления показал, что практически все они предназначены для работы в ограниченных условиях, некоторые не учитывают факторы, влияющие на точность подачи материала, например, высоту его падения. [2] Чтобы повысить точность дозирования компонентов комбикорма, нами разработан двухшнековый дозатор, для управления рабочим процессом которого необходима соответствующая программа.

Цель исследования — составить программу управления дозатором сухих сыпучих компонентов комбикорма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При разработке программы управления учитывали технологический процесс дозирования. Особенность предлагаемого дозатора — наличие двух шнеков. Большой предназначен для подачи основной массы материала, он вращается с помощью асинхронного двигателя. Оставшаяся масса подается вторым шнеком. По диаметру он значительно меньше первого. В его за-дачи входит досыпать оставшуюся от заданной массы

часть с необходимой точностью. Привод второго шнека может быть осуществлен как асинхронным, так и шаговым электродвигателем. Поэтому программу составляли с возможностью управления двумя шнеками: сначала включается большой и подает основную часть, далее он выключается и включается второй малый, досыпающий остальную часть. Сигналы о количестве материала подаются от датчиков взвешивания (тензометрические).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предлагаемая программа разработана для ПЛК TM241C24R на языке программирования Structured Text (ST), одном из языков стандарта IEC61131-3, в среде EcoStruxure Machine Expert. [16] Управление выве-

дено на жидкокристаллический дисплей. На главном экране отображаются: параметры электродвигателя, рецепт и показания взвешивающих датчиков (рис. 1).

В автоматическом режиме работой дозаторов управляет программа, включая и отключая дозатор, изменяя частоту вращения вала рабочего органа. В данном режиме каждый дозатор подает только один компонент. При этом предварительно вводят данные, характеризующие работу дозаторов. В меню выбора рецептов указываются общая масса навески, доля компонентов в ней (кг или %) (рис. 2).

В меню выбора технологических параметров: частота вращения вала дозатора — основная и в режиме досыпки; переключение частоты вращения вала с основной на частоту вращения досыпки; масса, при которой останавливается дозатор (рис. 3). Дополни-

The screenshot shows the main control screen of the Vijeo-Designer Basic Runtime 1.2.0.3029. The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Contains icons for settings, a document, a checkmark, and a status bar showing 'Главный экран' (Main screen), time '11:36:33', date '10/03/2023', and 'Режим Отключен' (Mode: Off).
- ДОЗАТОР (Doser):** Displays 'Номер дозатора' (Doser number) as '-', 'Ток двигателя' (Motor current) as '0.0 A', 'Частота двигателя' (Motor frequency) as '0.0 Hz', and 'Состояние ПЧ' (Inverter status) as 'Норма' (Normal).
- ВЕСЫ (Scales):** Displays 'Показания' (Readings) as '0.000 Kg', 'Состояние' (Status) as 'Норма', and 'Стаб. показаний' (Stable readings) as 'Нестабильные' (Unstable). There is an 'Обнулить тару' (Zero tare) button.
- СОСТОЯНИЕ: НЕ ГОТОВ К ЗАПУСКУ (Status: Not ready for start):** This section contains the 'ВЫБОР РЕЦЕПТА' (Recipe selection) menu.
- ВЫБОР РЕЦЕПТА (Recipe selection):** Includes a 'База данных' (Database) dropdown set to 'Рецепты засыпки' (Filling recipes), a 'Рецепт' (Recipe) dropdown set to 'Рецепт №1', and a 'Номер рецепта' (Recipe number) set to '1'. There are buttons for 'Выбрать' (Select), 'Работа по долям от общей массы' (Work by proportions of total mass), and 'Запустить цикл засыпки' (Start filling cycle).

Рис. 1. Главный экран меню управления.

The screenshot shows the 'ВЫБОР РЕЦЕПТА' (Recipe selection) menu. It includes a table of recipe components and a list of actions on the left.

База данных		Рецепты засыпки
Рецепт		Рецепт №1
☐ Выбрать	Общая масса навески [кг]	10.0
☐ Сохранить	Доля компонента №1 [%]	20
☒ Выгр. из ПЛК	Доля компонента №2 [%]	20
☐ Сравнить	Доля компонента №3 [%]	10
☐ Удалить	Доля компонента №4 [%]	10
☐ Создать	Доля компонента №5 [%]	20
	Доля компонента №6 [%]	20

Рис. 2. Меню выбора рецепта.

Параметры						
Номер дозатора	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Уставки частоты дозаторов [Гц]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Уставки досыпки дозаторов [Гц]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Уставки упреждения досыпки [кг]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Задержка между этапами засыпки [с]				0		
Уставка включения скорости досыпки [%]				0		
Таймаут (защита) этапов засыпки [с]				0		

Рис. 3. Меню выбора технологических параметров.

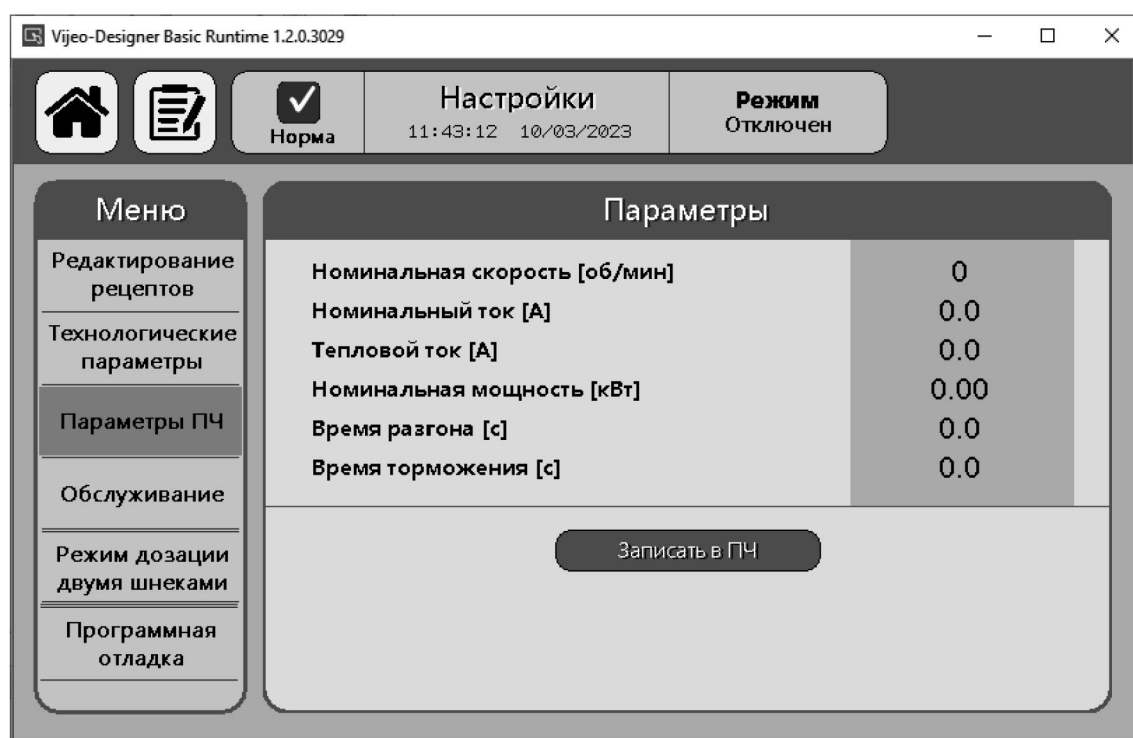


Рис. 4. Меню настройки частотного преобразователя.

но вводят параметры работы частотного преобразователя, управляющего электродвигателем: номинальный и тепловой ток двигателя, его номинальная мощность, частота вращения вала, время разгона и торможения (рис. 4).

Оператор запускает и останавливает дозаторы с панели управления. При этом возможно задавать частоту вращения вала дозатора (рис. 5). Данный режим предназначен для выгрузки оставшегося в бункере материала при обслуживании оборудования.

При дозировании одного компонента двумя шнеками в соответствующем окне задается его масса в про-

центном соотношении, которая должна быть подана первым дозатором, остальная часть – вторым. Режим позволяет более точно вносить компоненты, минимизируя погрешность дозирования.

При возникновении ошибок информация о них автоматически записывается в журнал. Указывается наименование ошибки и время. В случае аварийной ситуации на экране появляется оповещение.

Выводы. Предложенная программа управления системой дозирования компонентов комбикорма поможет повысить точность дозирования в автоматическом режиме.

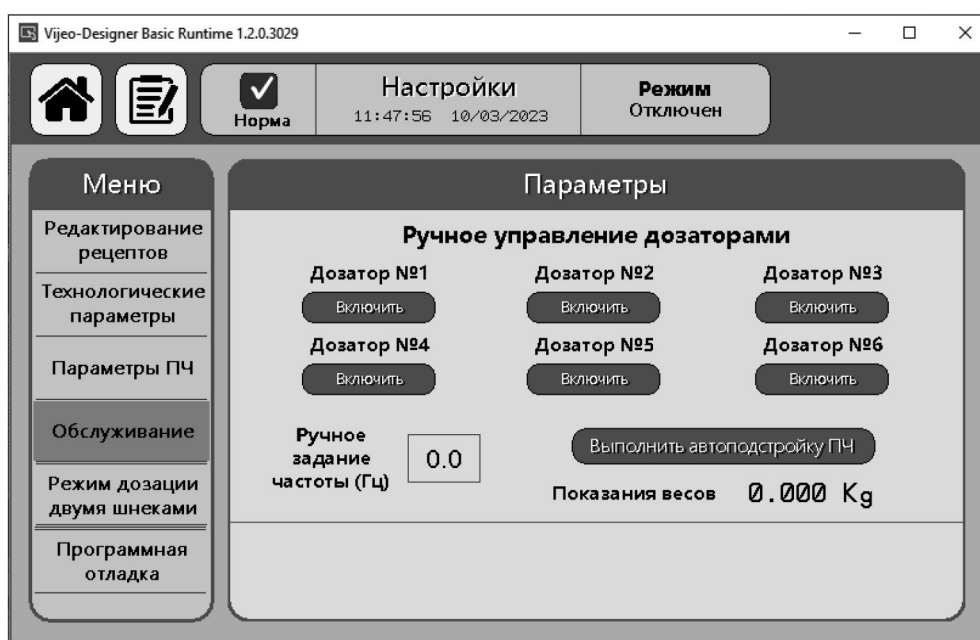


Рис. 5. Меню управления дозаторами в ручном режиме.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аржанкова Ю.В., Томаева О.Н. Рост цыплят-бройлеров при использовании комбикормов отечественного и импортного производства // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(41). С. 10–20.
2. Булатов С.Ю., Нечаев В.Н., Сергеев А.Г., Савиных П.А. Результаты исследований весового дозирования ингредиентов комбикорма // Техника и оборудование для села. 2021. № 1 (283). С. 20–24.
3. Буркина А.С. Совершенствование развития процесса дозирования комбикормов // В сб.: Студенческие научные исследования. Сборник статей XVII Межд. науч.-практ. конф. Пенза, 2023. С. 76–78.
4. Бурцев А.Г., Матюнина Е.В. Разработка и исследование системы автоматического управления производительно-стью ленточного дозатора карбида кремния // В сб.: Научно-практическая конференция студентов ВПИ (филиал) ВолгГТУ «Наука молодых: идеи, результаты, перспективы». 2016. С. 32–33.
5. Емельянов Р.Т. Прокопьев А.П., Баранова Г.П. и др. Автоматизированная нейро-нечеткая система управления приводом шнекового дозатора печатающей головки строительного 3D-принтера // Инженерный вестник Дона. 2023. № 2 (98). С. 504–519.
6. Каиров В.Р., Газзаева М.С., Гатчиев М.А. Продуктивность и качественные показатели мяса цыплят-бройлеров при скормливаниях в составе рациона // Известия Горского государственного аграрного университета. 2020. 57(1). С. 68–73.
7. Патент на полезную модель № 59276 U1. Адаптивная система управления конвейерным непрерывно-поточным дозатором / Сажин С.Г., Виноградов С.В., Луконин В.П., Смирнов И.В.; правообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Нижегородский государственный технический университет. № 2006110223/22; заявл. 29.03.2006; опубл. 10.12.2006.
8. Патент на полезную модель № 64018 U1. Устройство для управления дозатором кормораздатчика / Трутнев М.А., Трутнев Н.В., Медведев А.А., Ильюшенко Ю.В.; правообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова. № 2007104795/22; заявл. 07.02.2007; опубл. 27.06.2007.
9. Погорелов А.В. Разработка системы управления конвейерного весового дозатора на базе контроллера STM32 // В сб.: Образование, наука, производство. VIII Межд. молод. форум. 2016. С. 1709–1712.
10. Робканов Д.В., Дементьев Ю.Н., Кладиев С.Н. Прямое управление моментом в асинхронном электроприводе шнека дозатора // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 308. № 3. С. 140–143.
11. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2015616450. Программа управления весовым дозатором «TAURAS-FENIX»; правообладатель Закрытое акционерное общество «Таурас-Феникс». № 2015613565; заявл. 29.04.2015; опубл. 10.06.2015.
12. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2017616433. Программа для управления электроприводом ленточного весового дозатора с двигателем постоянного тока / Погорелов А.В., Прокопишин Д.И., Солдатенков А.С.; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова». № 2017613276; заявл. 12.04.2017; опубл. 07.06.2017.
13. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2020661680. Программа для системы технического зрения для определения координат дозатора и объекта для дозирования / Вибе Д.В.; правообладатель Вибе Дмитрий Владимирович. № 2020660868; заявл. 22.09.2020; опубл. 29.09.2020, Бюл. № 10.
14. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2020667489. Программа для системы технического зрения для позиционирования дозатора над объектом дозирования / Семенча А.В., Габриель А.С., Клинов В.А., Вибе Д.В.; правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего

- образования “Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого” (ФГАОУ ВО “СПбПУ”). № 2020666614; озаявл. 15.12.2020; опубл. 23.12.2020, Бюл. № 1.
15. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021618620. Программа для исследования режимов работы весового ленточного дозатора / Шестов Д.А., Шилин Д.В.; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»). № 2021617885; заявл. 24.05.2021; опубл. 31.05.2021, Бюл. № 6.
 16. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023661766. Программа управления системой дозирования сухих сыпучих компонентов / Булатов С.Ю., Нечаев В.Н., Пронин А.Н., Тареева О.А.; правообладатель Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (НГИЭУ). № 2023619279; заявл. 15.05.2023; опубл. 01.06.2023, Бюл. № 6.
 17. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023668383. Колеровочная программа tinter для автоматических дозаторов / Гурин А.А., Сырейщиков А.В.; правообладатель Сырейщиков Алексей Владимирович, Гурин Анатолий Анатольевич. № 2023667620; заявл. 17.08.202328; опубл. 08.2023, Бюл. № 9.
 18. Судаков И.В. Управление весовыми дозаторами в производстве сухих смесей / И.В. Судаков, А.А. Симикина, А.Б. Троицкий, Б.А. Федосенков // В сб.: Пищевые инновации и биотехнологии. Мат. Межд. науч. конф. ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности». 2015. С. 245–247.
 19. Chongchitpaisan P.A., Sudsawat S. Review on Screw Conveyors for Bulk Materials in Various Applications // *Ladkrabang Engineering Journal*. 2022. № 39. P. 2.
 20. Minglani D., Sharma A., Pandey H. et al. A review of granular flow in screw feeders and conveyors // *Power Technology*. 2020. 366. PP. 369–381.
 6. Kairov V.R., Gazzaeva M.S., Gatiev M.A. Produktivnost' i kachestvennye pokazateli myasa cyplyat-brojlerov pri skarm-livani v sostave raciona // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. 57(1). S. 68–73.
 7. Patent na poleznuyu model' № 59276 U1. Adaptivnaya sistema upravleniya konvejnym nepreryvno-potochnym dozatorom / Sazhin S.G., Vinogradov S.V., Lukonin V.P., Smirnov I.V.; pravoobladatel' Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya Nizhegorodskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. № 2006110223/22; zayavl. 29.03.2006; opubl. 10.12.2006.
 8. Patent na poleznuyu model' № 64018 U1. Ustrojstvo dlya upravleniya dozatorom kormorazdatchika / Trutnev M.A., Trutnev N.V., Medvedev A.A., Il'yushenko Yu.V.; pravoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya Permskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya imeni akademika D.N. Pryanishnikova. № 2007104795/22; zayavl. 07.02.2007; opubl. 27.06.2007.
 9. Pogorelov A.V. Razrabotka sistemy upravleniya konvejnogo vesovogo dozatora na baze kontrollera STM32 // V sb.: Obrazovanie, nauka, proizvodstvo. VIII Mezhd. molodezh. forum. 2016. S. 1709–1712.
 10. Robkanov D.V., Dement'ev Yu.N., Kladiev S.N. Pryamoe upravlenie momentom v asinhronnom elektroprivode shneka dozatora // *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2006. T. 308. № 3. S. 140–143.
 11. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2015616450. Programma upravleniya vesovym dozatorom “TAURAS-FENIX”; pravoobladatel' Zakrytoe akcionernoe obshchestvo “Tauras-Feniks”. № 2015613565; zayavl. 29.04.2015; opubl. 10.06.2015.
 12. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2017616433. Programma dlya upravleniya elektroprivodom lentochного vesovogo dozatora s dvigatelem postoyannogo toka / Pogorelov A.V., Prokopishin D.I., Soldatenkov A.S.; pravoobladatel' federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G.Shuhova». № 2017613276; zayavl. 12.04.2017; opubl. 07.06.2017.
 13. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2020661680. Programma dlya sistemy tekhnicheskogo zreniya dlya opredeleniya koordinat dozatora i ob"ekta dlya dozirovaniya / Vibe D.V.; pravoobladatel' Vibe Dmitrij Vladimirovich. № 2020660868; zayavl. 22.09.2020; opubl. 29.09.2020, Byul. № 10.
 14. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2020667489. Programma dlya sistemy tekhnicheskogo zreniya dlya pozicionirovaniya dozatora nad ob"ektom dozirovaniya / Semencha A.V., Gabriel' A.S., Klinkov V.A., Vibe D.V.; pravoobladatel' federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya “Sankt-Peterburgskij politekhnicheskij universitet Petra Velikogo” (FGAOU VO “SPbPU”). № 2020666614; ozayavl. 15.12.2020; opubl. 23.12.2020, Byul. № 1.
 15. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2021618620. Programma dlya issledovaniya rezhimov raboty vesovogo lentochного dozatora / Shestov D.A., Shilin D.V.; pravooblada-tel' federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego 2021617885 24.05.2021 obrazovaniya «Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «MEI» (FGBOU VO «NIU «MEI»). № 2021617885; zayavl. 24.05.2021; opubl. 31.05.2021, Byul. № 6.
 16. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2023661766. Programma upravleniya sistemoy dozirovaniya suhih sy-puchih

REFERENCES

1. Arzhankova Yu.V., Tomaeva O.N. Rost cyplyat-brojlerov pri ispol'zovanii kombikormov otechestvennogo i import-nogo proizvodstva // *Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2022. № 4(41). S. 10–20.
2. Bulatov S.Yu., Nechaev V.N., Sergeev A.G., Savinyh P.A. Rezul'taty issledovaniy vesovogo dozirovaniya ingredientov kombikorma // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2021. № 1 (283). S. 20–24.
3. Burkina A.S. Sovershenstvovanie razvitiya processa doz-irovaniya kombikormov // V sb.: Studencheskie nauchnye issledovaniya. Sbornik statej XVII Mezhd. nauch.-prakt. konf. Penza, 2023. S. 76–78.
4. Burcev A.G., Matyunina E.V. Razrabotka i issledovanie sistemy avtomaticheskogo upravleniya proizvoditel'nost'yu lentochного dozatora karbida kremniya // V sb.: Nauchno-prakticheskaya konferenciya studentov VPI (filial) Volg-GTU “Nauka molodyh: idei, rezul'taty, perspektivy”. 2016. S. 32–33.
5. Emel'yanov R.T. Prokop'ev A.P., Baranova G.P. i dr. Avtoma-tizirovannaya nejro-nechetkaya sistema upravleniya privodom shnekovogo dozatora pechatayushchej golovki stroitel'nogo 3D-printera // *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2023. № 2 (98). S. 504–519.

- komponentov / Bulatov S.Yu., Nechaev V.N., Pronin A.N., Tareeva O.A.; pravoobladatel' Gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya Nizhegorodskij gosudarstvennyj inzhenerno-ekonomicheskij universitet (NGIEU). № 2023619279; zayavl. 15.05.2023; opubl. 01.06.2023, Byul. № 6.
17. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2023668383. Klerovochnaya programma tinter dlya avtomaticheskikh dozatorov / Gurin A.A., Syreishchikov A.V.; pravoobladatel' Syreishchikov Aleksej Vladimirovich, Gurin Anatolij Anatol'evich. № 2023667620; zayavl. 17.08.2023; opubl. 08.2023, Byul. № 9.
 18. Sudakov I.V. Upravlenie vesovymi dozatorami v proizvodstve suhih smesej / I.V. Sudakov, A.A. Simikova, A.B. Troickij, B.A. Fedosenkov // V sb.: Pishchevye innovacii i biotekhnologii. Mat. Mezhd. nauch. konf. FGBOU VO "Kemerovskij tekhnologicheskij institut pishchevoj promyshlennosti". 2015. S. 245–247.
 19. Chongchitpaisan P.A., Sudsawat S. Review on Screw Conveyors for Bulk Materials in Various Applications // Ladkrabang Engineering Journal. 2022. № 39. P. 2.
 20. Minglani D., Sharma A., Pandey H. et al. A review of granular flow in screw feeders and conveyors // Power Technology. 2020. 366. PP. 369–381.

Поступила в редакцию 29.11.2023

Принята к публикации 13.12.2023