

Научная статья

DOI: 10.15593/2224-9397/2023.1.08

УДК 681.5

С.Н. Костарев^{1,2}, Н.В. Старцева³, Т.Г. Середа⁴¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия²Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской
Федерации, Пермь, Россия³Пермский институт ФСИН России, Пермь, Россия⁴Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОРМЛЕНИЯ СОБАК В ЗАКРЫТЫХ ВОЛЬЕРАХ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ

В условиях пандемии ведомственные кинологовические службы испытывают значительные затруднения при кормлении служебных собак. В статье приведены результаты изучения существующих систем кормления собак и описана разработка автоматизированной системы с использованием программируемого логического контроллера (ПЛК) Omron, удовлетворяющей требованиям нормативных документов кинологовических служб. Приведена разработанная технологическая схема с подбором и маркировкой оборудования. Для упрощения монтажа оборудование разбито на модули. Приведена таблица адресов сигналов, используемых в промышленных контроллерах серии Omron. Приведена система логических уравнений для управления основными модулями привода устройств оборудования. **Цель исследования:** разработка проекта автоматизированной системы кормления собак в питомниках ФСИН России на базе программируемых логических контроллеров и сокращения использования человеческих ресурсов. **Материалы и методы:** методика кормления служебных собак согласована с Приказами ФСИН России № 330 от 13 мая 2008 г., № 570 от 4 июля 2018 г. Использовались теория конечных автоматов, теория синтеза логических уравнений и методика построения лестничных диаграмм. Программное обеспечение разработано с помощью CX-One. В качестве корма предлагается использовать сухой гранулированный корм для собак. **Результаты:** разработан проект автоматизированной системы на 5 собак, включающий подбор технологического оборудования. Система протестирована в режиме симуляции программного обеспечения. **Практическая значимость:** внедрение данной системы в ведомственных организациях позволит сократить затраты времени на дозирование корма, уменьшить вероятность ошибки, связанной с человеческим фактором, а также в условиях пандемии обеспечить процесс кормления служебных собак при снижении трудозатрат обслуживающего персонала.

Ключевые слова: автоматизированная система, процесс кормления собак, кинология, ПЛК.

S.N. Kostarev^{1,2}, N.V. Startseva³, T.G. Sereda⁴

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

²Perm Military Institute of National Guard Troops of the Russian Federation,
Perm, Russian Federation

³Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia,
Perm, Russian Federation

⁴Perm State Agro-Technological University named after academician
D.N. Pryanishnikov, Perm, Russian Federation

KOMPUTER SIMULATION OF THE PROCESS OF FEEDING DOGS IN CLOSED ENVIRONMENTS UNDER PANDEMIC CONDITIONS

Under pandemic conditions, departmental canine services experience significant difficulties in feeding service dogs. The article presents the results of the study of existing dog feeding systems and describes the development of an automated system using Omron programmable logic controller (PLC) that meets the requirements of the normative documents of cynological services. The developed technological scheme with the selection and marking of the equipment is given. To simplify installation, the equipment is divided into modules. Provides a table of signal addresses used in Omron series industrial controllers. A system of logical equations for controlling the main drive modules of the equipment devices is given. **Purpose:** development of a project for an automated dog feeding system in the kennels of the Russian Federal Penitentiary Service based on programmable logic controllers and reducing the use of human resources. **Materials and methods:** the methodology of feeding service dogs agreed with the Orders of the Russian Federal Penitentiary Service No. 330 of May 13, 2008, No. 570 of July 4, 2018. Finite automata theory, theory of synthesis of logical equations and ladder diagrams methodology were used. The software was developed using CX-One. Dry pelleted dog food is proposed to be used as food. **Results:** a project of an automated system for 5 dogs was developed, including the selection of technological equipment. The system was tested in software simulation mode. **Practical relevance:** the introduction of this system in departmental organizations will reduce the time spent on dosing the food, reduce the likelihood of error due to human error, as well as in a pandemic to ensure the process of feeding service dogs while reducing the labor costs of service personnel.

Keywords: automated system, dog feeding process, PLC.

Введение

Вопросы автоматизации систем кормления животных поднимались еще на заре развития ЭВМ [1, 2]. В настоящее время разработке автоматизированных систем кормления животных уделяется большое внимание [3–5]. Наибольший прогресс достигнут в животноводческой отрасли на фермах крупного рогатого скота, свинофермах и птицефермах. Статьи по системам кормления сельскохозяйственных животных носят в основном обзорный характер и посвящены описанию зарубежных систем [5, 6]. Также промышленность выпускает кормушки для собак и кошек для домашнего использования, но вместе с тем автома-

тизированным системам для кормления служебных собак уделяется недостаточно внимания. Проблема актуальности создания автоматизированных систем кормления служебных собак для ведомственных организаций поднималась в работе [4]. Особенно этот вопрос обострился во время пандемии, когда дежурный состав кинологических служб был значительно сокращен. В настоящее время не разработаны автоматизированные системы кормления служебных собак, в связи с чем кинологи испытывают сложности с точной дозировкой корма и подачей корма в вольеры к агрессивным собакам в отсутствие «хозяина» собаки.

Для формирования навыков использования систем кормления для животных создано множество компьютерных программ [7]. Методам совершенствования систем кормления служебных собак посвящены исследования [8–12], которые также можно учесть при разработке автоматизированной системы. При внедрении автоматизированной системы мониторинга легче отслеживать состояние собак в зависимости от рациона кормления, а также выдавать нужную норму корма, исходя из веса собаки. На экспериментальных площадках облегчится возможность расчета и планирования оптимального рациона животных [13].

В статье рассматривается построение проекта автоматизированной системы кормления служебных собак с целью дальнейшей проработки элементов системы и создания прототипа промышленного образца. В настоящее время разрабатывается проект лабораторного стенда для обучения курсантов кинологов возможностям автоматизированного кормления собак [14].

В связи с тем, что корм для служебных собак может быть разнообразным, то проектируемая система должна учитывать особенности суточного рациона от вида корма и массы собак. Разрабатываемая система автоматизированного кормления собак будет базироваться на промышленных контроллерах и преследует цель – уменьшение использования человеческих ресурсов. В данном проекте показано построение системы с использованием сухого гранулированного корма [15].

Материалы и методы

Методика автоматизации процесса кормления служебных собак согласована с нормативными документами, которые регламентируют работу кинологической службы, в частности, с Приказом от 13 мая 2008 г. № 330 «Об утверждении норм обеспечения кормами (продук-

тами) и норм замены кормов (продуктов) при обеспечении штатных животных учреждений и органов уголовно-исполнительной системы в мирное время», Приказом ФСИН России от 4 июля 2018 г. № 570 «Об утверждении норм и порядка обеспечения учреждений уголовно-исполнительной системы техникой, продукцией общехозяйственного назначения и имуществом продовольственной службы» и Приказом ФСИН России от 31.12.2019 г. № 1210 «Об утверждении Порядка обращения со служебными животными в учреждениях и органах уголовно-исполнительной системы Российской Федерации». Для разработки автоматизированной системы кормления использованы теория конечных автоматов, теория синтеза логических уравнений и методика построения лестничных диаграмм. Экран оператора-кинолога разработан с помощью модуля CX-Designer программного обеспечения CX-One. Релейно-контактные схемы запрограммированы с помощью модуля CX-Programmer [16, 17]. В качестве корма предлагается использовать сухой гранулированный корм для собак.

1. Разработка технологической схемы кормления

При разработке автоматизированной системы кормления нужно учесть необходимый технологический регламент приготовления и подачи пищи, это может быть приготовление специальной кормовой массы или использование первичных ингредиентов (мяса, рыбы). В данной работе предложено использовать сухой гранулированный корм, замачиваемый в реакторе, непосредственно перед циклом кормления. Анализ кормления собак сухими и влажными кормами изучался в ряде работ [18–22]. Влияние нормированного кормления на физиологическое состояние собак рассмотрено в работе [23].

Процесс приготовления пищи и кормления будет описываться следующими операциями: в реактор закладывается гранулированный корм и подается вода. В зимнее время осуществляется подогрев смеси. Исследованию процесса кормления с подачей сухого корма и воды при кормлении поросят посвящена статья [24]. По системе трубопроводов с помощью пневмотранспорта корм распределяется по кормушкам. Цикл выполнения процесса кормления с учетом требований нормативно-правовых документов кинологовической службы ФСИН России представлен на рис. 1, а. Подача воды в поилки происходит с помощью системы трубопроводов. По мере опустошения поилок подается вода

до отметки верхнего уровня (в мисках для воды установлены датчики контроля минимального и максимального уровней жидкости). На рис. 1, б показан цикл пополнения мисок питьевой водой.

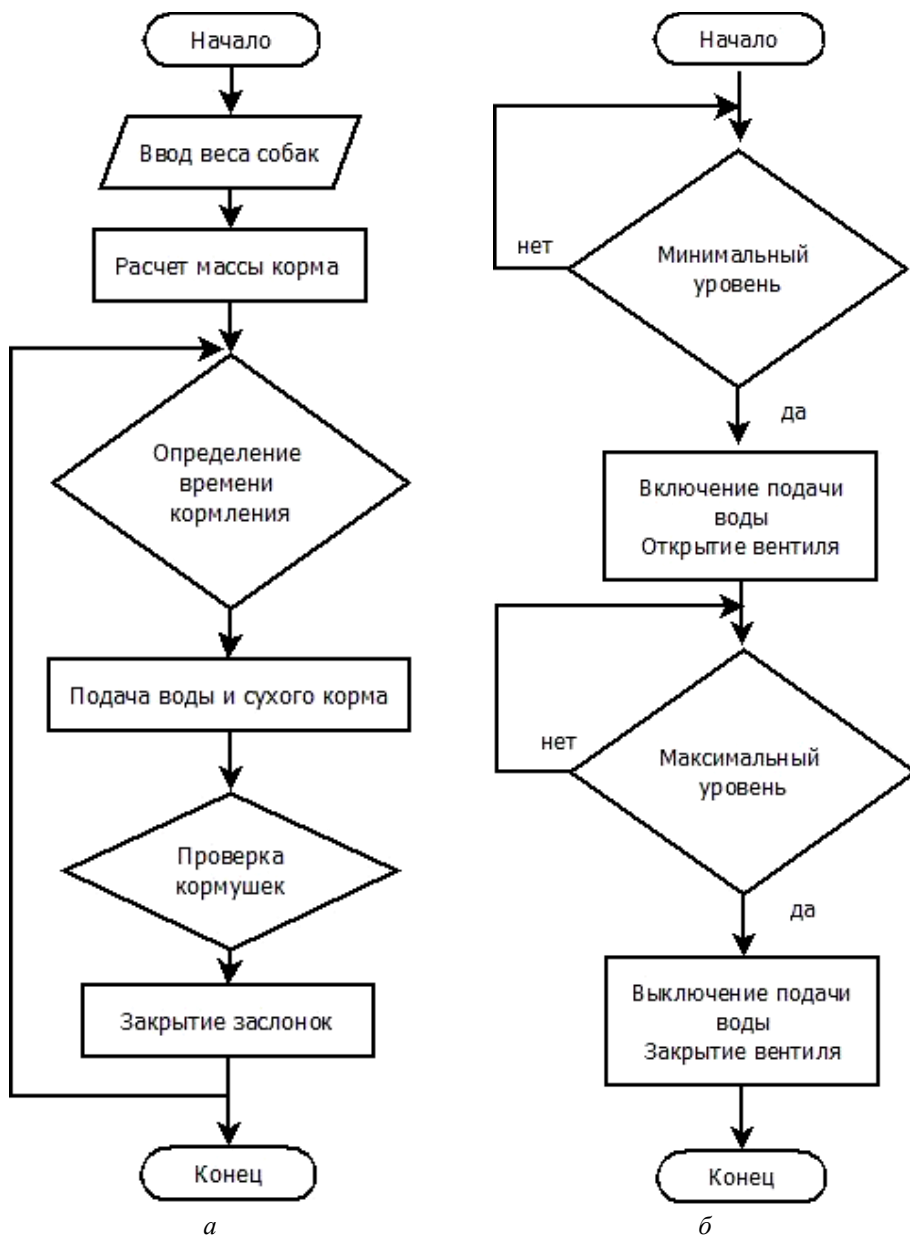


Рис. 1. Алгоритм процесса кормления служебных собак:
а – подача сухого гранулированного корма; б – подача воды

2. Разработка проекта автоматизированной системы

2.1. Подбор технологического оборудования

Для разработки проекта автоматизированной системы необходимо подобрать приводы устройств, исполнительные механизмы, датчики и другое технологическое оборудование. Основные технологические элементы проектируемой системы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Обозначение основных технологических элементов системы
автоматизированного кормления собак

№ п/п	Наименование элементов	Модель	Модуль	Количество
1	Программируемый контроллер ПЛК	CP1L-M30DR-D OMRON	Управление	1
2	Программируемый терминал	NB5Q-TW00B OMRON	Управление	1
3	Мембранный пневмо-насос (смесительный)	DF50 50 л/мин Samoa 552021	Подача корма	1
4	Бункер-ворошитель для комбикорма	БВ-4	Подача корма	1
5	Насосная станция / насос для воды	MATEUS MS05101	Подача воды	2
6	Нагревательный элемент для бойлера ТЭН	RCA 2,0 кВт	Подача воды	2
7	Бак для пищевых отходов	240 л	Утилизации	1
8	Емкость для воды	ЭКОПРОМ 500 л	Подача воды	1
9	Датчик уровня воды (жидкости)	С электронным управлением	Подача воды	По месту
10	Датчик давления (веса)	Тензодатчик 50 кг	Подача корма	По месту
11	Датчик температуры	С электронным управлением	Подача воды	2
12	Труба ПВХ	63 мм dкв 63963	Подача корма	По месту
13	Труба ПВХ	¾", 3 м	Подача корма	По месту
14	Дроссельная заслонка	С электроприводом	Подача корма / воды	По месту
15	Электроклапан подачи воды	Универсальный	Подача корма / воды	По месту
16	Миска для собак	Металлическая	Подача корма / воды	По месту

2.2. Синтез системы логических уравнений

Для разработки системы логических уравнений и программирования ПЛК была задана система адресов сигналов датчиков и привода оборудования (табл. 2).

Таблица 2

Система адресов сигналов датчиков и привода оборудования

№ п/п	Оборудование	Входы*		Выходы	Приёмник	Мнемоника/ адрес
		Кол-во	Вид			
1	Нижний уровень в миске 1	1			ПЛК	D0 (0.00)
2	Нижний уровень в миске 2	1			ПЛК	D1 (0.01)
3	Нижний уровень в миске 3	1			ПЛК	D2 (0.02)
4	Нижний уровень в миске 4	1			ПЛК	D3 (0.03)
5	Нижний уровень в миске 5	1			ПЛК	D4 (0.04)
6	Верхний уровень в миске 1	1			ПЛК	D5 (0.05)
7	Верхний уровень в миске 2	1			ПЛК	D6 (0.06)
8	Верхний уровень в миске 3	1			ПЛК	D7 (0.07)
9	Верхний уровень в миске 4	1			ПЛК	D8 (0.08)
10	Верхний уровень в миске 5	1			ПЛК	D9 (0.09)
11	Ручная подача корма в кормушки	1			ПЛК	D10 (0.10)
12	Ручная подача воды в миски	1			ПЛК	D11 (0.11)
13	Ручная промывка системы	1			ПЛК	D12 (0.12)
14	Сброс (выключение) системы	1			ПЛК	D13 (0.13)
15	Наличие корма в бункере	1			ПЛК	D14 (0.14)
16	Наличие воды в бункере	1			ПЛК	D15 (0.15)
17	Реле температуры корма в бункере	1			ПЛК	D16 (1.0)
18	Вес (нетто) животного 1		Ц			WR10
19	Вес (нетто) животного 2		Ц			WR11
20	Вес (нетто) животного 3		Ц			WR12
21	Вес (нетто) животного 4		Ц			WR13
22	Вес (нетто) животного 5		Ц			WR14
23	Вес (нетто) кормушки 1		Ц			WR15
24	Вес (нетто) кормушки 2		Ц			WR16
25	Вес (нетто) кормушки 3		Ц			WR17
26	Вес (нетто) кормушки 4		Ц			WR18
27	Вес (нетто) кормушки 5		Ц			WR19
28	Подача воды в бункер			1		O0 (100.00)
29	Включение нагревателя			1		O1 (100.01)
30	Включение миксера			1		O2 (100.02)

Окончание табл. 2

№ п/п	Оборудование	Входы*		Выходы	Приёмник	Мнемоника/ адрес
		Кол-во	Вид			
31	Пневмонасос			1		O3 (100.03)
32	Гидронасос			1		O4 (100.04)
33	Заслонки бункера			1		O5 (100.05)
34	Заслонки кормушки 1			1		O6 (100.06)
35	Заслонки кормушки 2			1		O7 (100.07)
36	Заслонки кормушки 3			1		O8 (100.08)
37	Заслонки кормушки 4			1		O9 (100.09)
38	Заслонки кормушки 5			1		O10 (100.10)
39	Клапан поилки 1			1		O11 (100.11)
40	Клапан поилки 2			1		O12 (100.12)
41	Клапан поилки 3			1		O13 (100.13)
42	Клапан поилки			1		O14 (100.14)
43	Клапан поилки 5			1		O15 (100.15)
44	Вес (нетто) порции 1		Ц			WR20
45	Вес (нетто) порции 2		Ц			WR21
46	Вес (нетто) порции 3		Ц			WR22
47	Вес (нетто) порции 4		Ц			WR23
48	Вес (нетто) порции 5		Ц			WR24

*Примечание: Ц – цифровой сигнал.

Для создания релейно-контактной схемы были составлены логические уравнения основных модулей автоматизированной системы кормления: подготовки корма и подачи воды.

Разработка блока логических уравнений для подготовки корма (1)–(7)

Начало цикла кормления инициируется с подачи сигнала с часов реального времени:

$$FS * D14 * D15 * SS = Q100.00, \quad (1)$$

где FS – сигнал с часов реального времени, D14 — сигнал с датчика наличия корма в реакторе, D15 – датчик наличия воды в бункере, SS – начало подачи корма, Q100.00 – подача воды в реактор.

После того как в реактор набралась вода, необходимо включить нагреватель (для работы в зимний период) и миксер, уравнения для их включения будут выглядеть следующим образом:

$$FS * SS * D15 = Q100.01 * Q100.02 + PS, \quad (2)$$

где FS – сигнал с часов реального времени, SS – начало подачи корма, Q100.01, Q100.02 – установки памяти ПЛК, PS – сигнал с таймера о завершении приготовления кормовой смеси.

Для выключения нагревателя и миксера, а также для того, чтобы корм остыл и его можно было подать в кормушки, необходимо выставить таймер задержки:

$$Q100.01*SS+T0=TIM*1.00*PS, \quad (3)$$

где Q100.01 – установка памяти ПЛК, SS – начало подачи корма, T0 – время на подготовку корма, TIM – таймер, 1.00 – реле температуры, PS – подготовка корма.

На этом этапе подготовка корма завершена.

Далее необходимо сделать раздачу кормовой смеси. Работа пневмонасоса для подачи корма и открытие заслонки бункера описываются формулой:

$$1.00*PP=Q100.05+Q100.03, \quad (4)$$

где 1.00 – реле температуры, PP – сигнал о завершении приготовления корма, Q100.05 – сигнал на заслонку бункера, Q100.03 – сигнал на пневмонасос.

Затем происходит открытие клапанов на кормушках:

$$1.00*CF*PS, \quad (5)$$

где CF – сигнал о наполнении кормушки, PS – сигнал о завершении подготовки корма, 1.00 – сигнал с реле температуры.

Расчет размера порций производится с помощью программы, прошитой в ПЛК.

После наполнения кормушек нужной порцией подается сигнал на закрытие клапана:

$$CS*CF01*CF02*CF03*CF04*CF05 = FE*SM, \quad (6)$$

где CS – флаг закрытия первой кормушки, CF – прекращение подачи корма в кормушки, FE – флаг завершения цикла кормления, SM – ручная остановка.

После этих операций (1)–(6) происходит сброс всех переменных и входов/выходов в исходное состояние. При завершении цикла кормления включается система промывки трубопроводов от остатков пищевой массы:

$$SF*SM=TIM*(T0+0.12)*Q100.04, \quad (7)$$

где SF – начало работы системы очистки, SM – ручная остановка системы, TIM – таймер работы системы, T0 – таймер начала очистки, 0.12 – кнопка ручной очистки, Q100.04 – сигнал на привод гидронасоса и клапана.

Разработка системы команд для контроля наполнения поилок

Мониторинг состояния поилок для собак заключается в поддержании необходимого уровня питьевой воды. Процесс автоматического пополнения водой мисок задается с помощью системы логических уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} (D0 + D11) \cdot \overline{D5} = Set(100.11) \\ D5 = Rset(100.11) \end{array} \right\}, \quad (8)$$

где верхнее уравнение – подача воды, нижнее уравнение – выключение насоса подачи воды.

На основе синтеза логических уравнений (1–8) были разработаны лестничные диаграммы для программирования ПЛК Omron. Следующей операцией была разработка экрана оператора кинолога.

3. Разработка экрана-оператора кинолога

При проектировании экрана оператора-кинолога были сформированы поля с бункерами-реакторами, поле с вольерами, где показано состояние кормушек и поилок. На каждом объекте ведется мониторинг датчиков уровней. На экране оператора отображаются показания тензодатчиков для измерения веса корма. Вес собаки вводится оператором на основе её предварительного взвешивания. На схеме имеются приводы управления заслонками кормушек и приводы управления реакторами. На экране размещены окна записи в регистры памяти, текущего веса собак, находящихся в вольерах.

На рис. 2 представлена панель оператора, на которой осуществляется мониторинг системы кормления, а также находятся элементы её управления. Запуск цикла кормления происходит автоматически в запрограммированное время (утром и вечером), 2 раза в сутки в соответствии с регламентом кормления собак.

4. Симуляция работы схемы

Система кормления была протестирована в режиме симуляции работы программного обеспечения, все модули работали согласно запланированному технологическому режиму. На рис. 3 показан режим подачи питьевой воды. Мониторинг наличия воды у собак отслеживается по датчикам уровня. Для осуществления работы системы в зимних условиях предусмотрен подогрев воды.

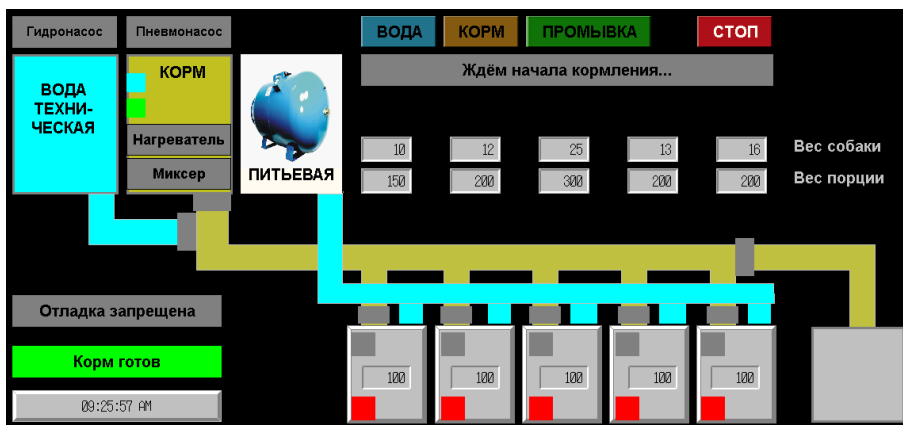


Рис. 2. Разработка проекта панели оператора кинолога

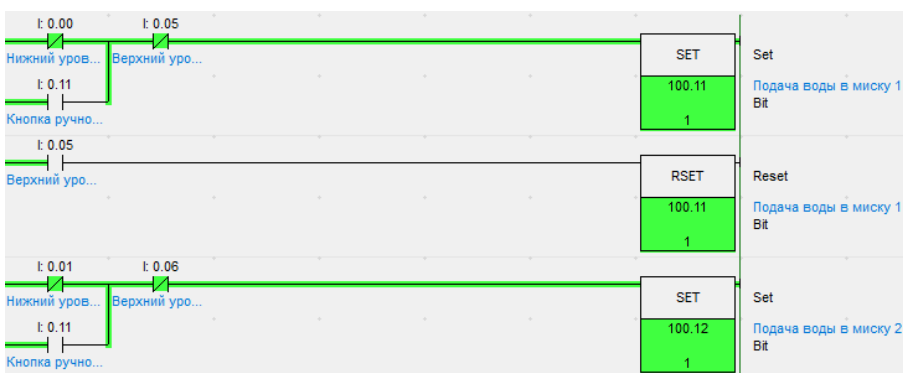


Рис. 3. Процесс подачи воды

На рис. 4 и 5 продемонстрирована симуляция работы цикла кормления.

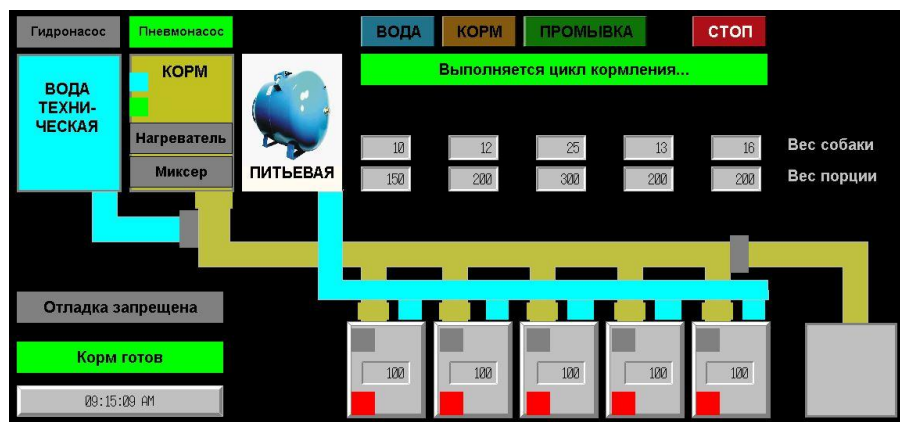


Рис. 4. Отображение цикла кормления на экране оператора



Рис. 5. Симуляция работы релейно-контактной схемы ПЛК

Заключение

В настоящее время уделяется недостаточно времени разработке промышленных систем кормления собак, которые рассчитаны на большое поголовье животных, существуют лишь автоматические кормушки для домашнего использования.

В статье разработан проект автоматизированной системы для кормления служебных собак, что в рамках импортозамещения российским программным обеспечением является решением важной прикладной задачи. Практическая значимость работы заключается в возможности внедрения разработанного проекта в ведомственных организациях при кормлении служебных собак, за счет чего можно решить проблемы ухода за собаками при ограниченном составе кинологических служб и улучшить нормирование и дозировку корма в соответствии с приказами ведомственных организаций.

В соответствии с требованиями системы, алгоритмом работы и технологической схемой были построены релейно-контактные схемы для управления процессом кормления. В качестве программно-аппаратного обеспечения использован программируемый логический контроллер ПЛК Omron. Разработка релейно-контактной схемы программируемого логического контроллера CP1L проведена с использованием CX-Programmer. Также для мониторинга состояния системы и ручного управления был разработан экран оператора. Проведена симуляция работы схемы. Симуляция работы схемы устройства показала положительные результаты по управлению процессом кормления

собак. В результате внедрения предлагаемой компьютерной системы в питомниках можно добиться сокращения оперативного дежурного состава кинологов в пять-шесть раз, для управления технологическим процессом кормления собак будет достаточно одного дежурного кинолога. За счет внедрения автоматизированной информационной системы будет на 15–20 % улучшена система точности дозирования корма и также кормление будет производиться в точное запланированное время и не зависеть от человеческого фактора. Внедрение автоматизированной системы кормления позволит решить и проблему, связанную с переносом инфекций на одежде кинологов, и предотвратить развитие эпидемиологической ситуации в питомниках, предназначенных для содержания служебных собак.

Библиографический список

1. Хоцко Л.Г. Этапы автоматизации процесса кормления животных // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 1974. – № 16. – С. 53–58.

2. Хоцко Л.Г. К вопросу автоматизации процесса кормления животных в комплексах промышленного типа // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 1973. – № 14. – С. 62–68.

3. Кочетков Н.А. Применение технологий интернета вещей для автоматизации процесса кормления домашних животных // Технические науки: проблемы и решения: сб. статей по материалам XIII Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2018. – С. 63–66.

4. Брыкова С.А. К вопросу об автоматизированной системе кормления служебных собак // Актуальные проблемы собаководства в правоохранительных структурах – 2022: сб. материалов всерос. науч.-практ. конф. – Пермь, 2022. – С. 18–21.

5. Автоматические системы контроля и коррекции рационов кормления животных / В.А. Шигимага, Р.А. Файзуллин, Н.Г. Косулина, В.В. Сухин, К.С. Коршунов // The Scientific Heritage. – 2021. – № 78-1 (78). – С. 45–50.

6. Устройство для кормления животных: автор. св-во SU 1837753, 30.08.1993 / М.В.В. Йоханнес (Пат. Великобритании № 1054211); заявка № 4743845 от 07.05.1990.

7. Gladkova O., Kostarev S., Kochetova O. Development of a game simulator for the formation of labor needs in older preschool children // AIP Conference Proceedings. – 2022. – Vol. 2647. – P. 050003. DOI: 10.1063/5.0104099

8. Шляпников С.М., Голдырев А.А., Ситников В.А. Вопросы организации кормления служебных собак / Перм. гос. сельскохоз. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова. – Пермь, 2012. – 92 с.

9. Старцева Н.В. К вопросу о совершенствовании организации кормления служебных собак в кинологических подразделениях ФСИН России // Актуальные проблемы собаководства в правоохранительных структурах – 2020: сб. материалов всерос. науч.-практ. конф. – Пермь, 2020. – С. 158–162.

10. Мальчиков Р.В., Погребняк М.В. Особенности кормления служебных собак // Актуальные проблемы собаководства в правоохранительных структурах – 2020: сб. материалов всерос. науч.-практ. конф. – Пермь, 2020. – С. 85–88.

11. Медведев В.М. Проблемы кормления служебных собак готовыми сухими кормами и пути их решения // Вестник Перм. ин-та ФСИН России. – 2011. – № 1(3). – С. 25–27.

12. Старцева Н.В. О содержании незаменимых аминокислот в сухих кормах, используемых для кормления служебных собак ФСИН России // Актуальные проблемы собаководства в правоохранительных структурах – 2020: сб. материалов всерос. науч.-практ. конф. – Пермь, 2020. – С. 142–146.

13. Лукьянов П.Б. Инструментальные средства управления бизнес-процессами планирования кормления сельскохозяйственных животных // Современная математика и концепции инновационного математического образования. – 2020. – Т. 7, № 1. – С. 315–319.

14. Пестрецов Р.И., Костарев С.Н., Новикова (Кочетова) О.В. Разработка проекта автоматизированной системы кормления собак на примере Пермского военного института войск национальной гвардии Российской Федерации // Применение современных информационных технологий в служебно-боевой деятельности: сб. ст. межвуз. науч.-практ. конф. – Пермь, 2022. – С. 99–104.

15. Старцева Н.В. Результаты рассмотрения стандарта «Сухой полнорационный корм для собак» // Актуальные проблемы собаководства в правоохранительных структурах – 2021: сб. материалов всерос. науч.-практ. конф. – Пермь, 2021. – С. 96–98.

16. Development of microclimate control system in cattle barns for cattle housing in the Perm region / O.V. Kochetova, S.N. Kostarev, N.A. Tatarnikova, T.G. Sereda // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 839 (3). – P. 032030. DOI: 10.1088/1755-1315/839/3/032030

17. Development of a microclimate control system for a quail farm / S.N. Kostarev, T.G. Sereda, O.V. Novikova (Kochetova), A.S. Ivanova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 1043 (1). – P. 012004. DOI: 10.1088/1755-1315/1043/1/012004

18. Сайбель Д.О., Белянина Ю.Л. Готовые корма в кормлении собак и их влияние // Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. – 2016. – С. 134–138.

19. Аветисян Э.Р. Влияние кормления сухими кормами на микробиоценоз кишечника собак // Биоразнообразие, биоресурсы, вопросы биотехнологии и здоровье населения Северо-Кавказского региона: материалы VI (63-й) ежегодной науч.-практ. конф. «Университетская наука-региону» Северо-Кавказского федерального университета. – 2018. – С. 334–336.

20. Селифонова Е.Ю., Маслюк А.Н. Сравнительный анализ сухого и влажного типов кормления служебных собак // Молодежь и наука. – 2019. – № 12. – С. 21.

21. Хемий И.В. Эффективность применения полнорационных сухих кормов в кормлении служебных собак породы немецкая овчарка // Студенческий форум. – 2020. – № 28 (121). – С. 42–44.

22. Баяров Л.И. Сухие и влажные корма в кормлении собак: что лучше? // Политематический сетевой электрон. науч. журнал Кубан. гос. аграр. ун-та. – 2021. – № 170. – С. 1–22.

23. Козина Е.А. Влияние нормированного кормления и физической нагрузки на физиологическое состояние собак // Вестник Крас ГАУ. – 2019. – № 12 (153). – С. 104–111.

24. Санжаровская М.И. Система кормления с автоматическим смешиванием сухого корма и воды для поросят. (ФРГ) // Инженерно-техническое обеспечение АПК: рефератив. журнал. – 2007. – № 1. – С. 287.

References

1. Khotsko L.G. Etapy avtomatizatsii protsessa kormleniia zhivotnykh [Stages of automation of the animal feeding process]. *Tekhnologii i*

tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva, 1974, no. 16, pp. 53-58.

2. Khotsko L.G. K voprosu avtomatizatsii protsessa kormleniia zhivotnykh v kompleksakh promyshlennogo tipa [On the issue of automating the process of feeding animals in industrial complexes]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*, 1973, no. 14, pp. 62-68.

3. Kochetkov N.A. Primenenie tekhnologii interneta veshchei dlia avtomatizatsii protsessa kormleniia domashnikh zhivotnykh [The use of Internet of things technologies to automate the process of feeding pets]. *Tekhnicheskie nauki: problemy i resheniia. Sbornik statei po materialam XIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Penza, 2018, pp. 63-66.

4. Brykova S.A. K voprosu ob avtomatizirovannoi sisteme kormleniia sluzhebnykh sobak [On the question of an automated system for feeding service dogs] *Aktual'nye problemy sobakovodstva v pravookhranitel'nykh strukturakh - 2022. Sbornik materialov vs Rossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Perm', 2022, pp. 18-21.

5. Shigimaga V.A., Faizullin R.A., Kosulina N.G., Sukhin V.V., Korshunov K.S. Avtomaticheskie sistemy kontrolya i korrektsii ratsionov kormleniia zhivotnykh [Automatic systems of control and correction of animal feed rations]. *The Scientific Heritage*, 2021, no. 78-1 (78), pp. 45-50.

6. Iokhannes M.V.V. Ustroistvo dlia kormleniia zhivotnykh [Animal feeding device]. Patent Velikobritanii, no. 1054211 (1990).

7. Gladkova O., Kostarev S., Kochetova O. Development of a game simulator for the formation of labor needs in older preschool children. *AIP Conference Proceedings*, 2022, vol. 2647, 050003 p. DOI: 10.1063/5.0104099

8. Shliapnikov S.M., Goldyrev A.A., Sitnikov V.A. Voprosy organizatsii kormleniia sluzhebnykh sobak [Questions of the organization of feeding service dogs]. Perm': Permskii gosudarstvennyi agrarno-tekhnologicheskii universitet imeni akademika D.N. Prianishnikova, 2012, 92 p.

9. Startseva N.V. K voprosu o sovershenstvovanii organizatsii kormleniia sluzhebnykh sobak v kinologicheskikh podrazdeleniakh FSIN Rossii [On the issue of improving the organization of feeding service dogs in canine units of the Federal Penitentiary Service of Russia]. *Aktual'nye*

problemy sobakovodstva v pravookhranitel'nykh strukturakh - 2020. Sbornik materialov vs Rossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Perm', 2020, pp. 158-162.

10. Mal'chikov R.V., Pogrebniak M.V. Osobennosti kormleniia sluzhebnykh sobak [Features of feeding service dogs]. *Aktual'nye problemy sobakovodstva v pravookhranitel'nykh strukturakh - 2020. Sbornik materialov vs Rossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii.* Perm', 2020, pp. 85-88.

11. Medvedev V.M. Problemy kormleniia sluzhebnykh sobak gotovymi sukhimi kormami i puti ikh resheniia [Problems of feeding service dogs with ready-made dry food and ways to solve them]. *Vestnik Permskogo instituta FSIN Rossii*, 2011, no. 1(3), pp. 25-27.

12. Startseva N.V. O sodержanii nezamenimyykh aminokislot v sukhikh kormakh, ispol'zuemykh dlia kormleniia sluzhebnykh sobak FSIN Rossii [On the content of essential amino acids in dry food used to feed service dogs of the Federal Penitentiary Service of Russia]. *Aktual'nye problemy sobakovodstva v pravookhranitel'nykh strukturakh - 2020. Sbornik materialov vs Rossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii.* Perm', 2020, pp. 142-146.

13. Luk'ianov P.B. Instrumental'nye sredstva upravleniia biznes-protsessami planirovaniia kormleniia sel'skokhoziaistvennykh zhivotnykh [Business Process Management Tools for Farm Animal Feed Planning]. *Sovremennaiia matematika i kontseptsii innovatsionnogo matematicheskogo obrazovaniia*, 2020, vol. 7, no. 1, pp. 315-319.

14. Pestretsov R.I., Kostarev S.N., Novikova (Kochetova) O.V. Razrabotka proekta avtomatizirovannoi sistemy kormleniia sobak na primere Permskogo voennogo instituta voisk natsional'noi gvardii Rossiiskoi Federatsii [Development of a project for an automated dog feeding system on the example of the Perm Military Institute of the National Guard Troops of the Russian Federation]. *Primenenie sovremennykh informatsionnykh tekhnologii v sluzhebno-boevoi deiatel'nosti. Sbornik statei mezhvuzovskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii.* Perm', 2022, pp. 99-104.

15. Startseva N.V. Rezul'taty rassmotreniia standarta "Sukhoi polnoratsionnyi korm dlia sobak" [The results of the review of the standard "Dry complete food for dogs"]. *Aktual'nye problemy sobakovodstva v*

pravookhranitel'nykh strukturakh - 2021. Sbornik materialov vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Perm', 2021, pp. 96-98.

16. Kochetova O.V., Kostarev S.N., Tatarnikova N.A., Sereda T.G. Development of microclimate control system in cattle barns for cattle housing in the Perm region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 839 (3), 032030 p. DOI: 10.1088/1755-1315/839/3/032030

17. Kostarev S.N., Sereda T.G., Novikova (Kochetova) O.V., Ivanova A.S. Development of a microclimate control system for a quail farm. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, vol. 1043 (1), 012004 p. DOI: 10.1088/1755-1315/1043/1/012004

18. Saibel' D.O., Belianina Iu.L. Gotovye korma v kormlenii sobak i ikh vliianie [Ready-made forages in dog feeding and their influence]. *Molodye issledovateli agropromyshlennogo i lesnogo kompleksov - regionam*, 2016, pp. 134-138.

19. Avetisian E.R. Vliianie kormleniia sukhimi kormami na mikrobiotsenoz kishchnika sobak [Influence of dry fodder feeding on gut microbiocenosis of dogs]. *Bioraznoobrazie, bioresursy, voprosy biotekhnologii i zdorov'e naseleniia Severo-Kavkazskogo regiona: materialy VI (63-i) ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Universitetskaia nauka-regionu" Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta*, 2018, pp. 334-336.

20. Selifonova E.Iu., Masliuk A.N. Sravnitel'nyi analiz sukhogo i vlazhnogo tipov kormleniia sluzhebnykh sobak [Comparative analysis of dry and wet types of feeding service dogs]. *Molodezh' i nauka*, 2019, no. 12, 21 p.

21. Khemii I.V. Effektivnost' primeneniia polnoratsionnykh sukhikh kormov v kormlenii sluzhebnykh sobak porody nemetskaia ovcharka [The effectiveness of full-fat dry feed in the feeding of service dogs of the German shepherd breed]. *Studencheskii forum*, 2020, no. 28 (121), pp. 42-44.

22. Baiurov L.I. Sukhie i vlazhnye korma v kormlenii sobak: chto luchshe? [Dry and wet food in dog feeding: what is better?]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, no. 170, pp. 1-22.

23. Kozina E.A. Vliianie normirovannogo kormleniia i fizicheskoi nagruzki na fiziologicheskoe sostoianie sobak [Influence of normalized

feeding and physical activity on the physiological state of dogs]. *Vestnik Krasnoiarского gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, no. 12 (153), pp. 104-111.

24. Sanzharovskaia M.I. Sistema kormleniia s avtomaticheskim smeshivaniem sukhogo korma i vody dlia porosiat. (FRG) [Feeding system with automatic mixing of dry fodder and water for piglets. (FRG)]. *Inzhenerno-tekhnicheskoe obespechenie APK: referativnyi zhurnal*, 2007, no. 1, 287 p.

Сведения об авторах

Костарев Сергей Николаевич (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29); профессор кафедры «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» Пермского военного института войск национальной гвардии Российской Федерации (614030, Пермь, Гремячий лог, 1, e-mail: iums@dom.raid.ru).

Старцева Наталья Викторовна (Пермь, Россия) – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры «Зоотехнии» Пермского института ФСИН России (614012, Пермь, ул. Карпинского, 125, e-mail: startsieva.1974@mail.ru).

Серeda Татьяна Геннадьевна (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные технологии» Пермского государственного аграрно-технологического университета имени академика Д.Н. Прянишникова (614990, Пермь, ул. Петропавловская, 23).

About the authors

Sergey N. Kostarev (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Information technologies and automated systems" of Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, 29, Komsomolsky pr.); professor of the Department of Computer Machines, Complexes, Systems and Networks of Perm Military Institute of National Guard Troops of the Russian Federation (614030, Perm, 1, Gremyachiy Log, e-mail: iums@dom.raid.ru).

Natalia V. Startseva (Perm, Russian Federation) – Candidate of Agricultural Sciences, lecturer of the Department of Zootechnics of the Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia (614012, Perm, 125, Karpinskogo str., e-mail: startsieva.1974@mail.ru).

Tatyana G. Sereda (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Construction Technology Department Perm State Agrarian and Technological University named after D.N. Pryanishnikov (614990, Perm, 23, Petropavlovskaja str.).

Поступила: 19.02.2023. Одобрена: 22.03.2023. Принята к публикации: 01.04.2023.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по отношению к статье.

Вклад авторов. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Костарев, С.Н. Компьютерное моделирование процесса кормления собак в закрытых вольерах в условиях пандемии / С.Н. Костарев, Н.В. Старцева, Т.Г. Середина // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2023. – № 45. – С. 164–183. DOI: 10.15593/2224-9397/2023.1.08

Please cite this article in English as:

Kostarev S.N., Startseva N.V., Sereda T.G. Computer simulation of the process of feeding dogs in closed environments under pandemic conditions. *Perm National Research Polytechnic University Bulletin. Electrotechnics, information technologies, control systems*, 2023, no. 45, pp. 164-183. DOI: 10.15593/2224-9397/2023.1.08