

Критерии авторства

Кобозева Т.П., Попова Н.П., Бельшкينا М.Е. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Кобозева Т.П., Попова Н.П., Бельшкينا М.Е. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 14.09.2020

Опубликована 30.10.2020

Contribution

T.P. Kobozeva, N.P. Popova, M.E. Belyshkina carried out theoretical studies, generalized the obtained results and wrote the manuscript. T.P. Kobozeva, N.P. Popova, M.E. Belyshkina have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on September 14, 2020

Published 30.10.2020

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 631

DOI: 10.26897/2687-1149-2020-5-26-32



СТРУКТУРНО-ЛОГИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ЦИФРОВОЙ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ФЕРМЫ

КИРСАНОВ ВЛАДИМИР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, докт. техн. наук, главный научный сотрудник

E-mail: kirvv2014@mail.ru

ПАВКИН ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

E-mail: dimqaqa@mail.ru

НИКИТИН ЕВГЕНИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, младший научный сотрудник

E-mail: evgeniy.nicks@yandex.ru

ЮРОЧКА СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ, младший научный сотрудник

E-mail: yurochkasr@gmail.com

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5

Проблемы цифровизации животноводческих предприятий тесно связаны с построением моделей и алгоритмов функционирования отдельных технологических процессов и подсистем, объединенных общей системой управления. На основе кластерного подхода сформулированы три группы задач по интеллектуализации и цифровизации объектов в животноводстве: 1) распознавание образов биологических объектов и моделей их группового и индивидуального поведения; 2) геномная оценка сельскохозяйственных животных, прогнозирование их генетического потенциала с возможностью лучшей адаптации к технологиям и конкретным хозяйственным условиям; 3) мультиагентное управление автоматизированными и роботизированными техническими средствами. Проведена инициализация видеообразов биологических объектов, разработана структурно-функциональная модель сложной биотехнической системы «Человек-Машина-Животное», включающая в себя автоматизированные рабочие места ведущих специалистов, приемно-передающие базовые станции, технологические модули обслуживания животных (кормление, поение, доение, микроклимат и др.), представляющие собой локальные биотехнические системы. Представлена структурно-логистическая «воронкообразная» модель функционирования животноводческой фермы, включающая в себя векторы входящих материальных потоков, исходящих производственных потоков и вектор исходящих побочных продуктов (отходов) производства, описанные с помощью соответствующих формализаций. Приведена структурная типизация технологических модулей и подсистем для их математического анализа и последующей цифровой трансформации животноводческих ферм.

Ключевые слова: животноводческая ферма, структура, модель, логистика, интеллектуализация, цифровизация, геном, инициализация, видеообраз, мультиагентное управление, локальная биотехническая система, «воронкообразная» модель, материальный поток, типизация, технологический модуль, подсистема.

Формат цитирования: Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Никитин Е.А., Юрочка С.С. Структурно-логистическая модель материальных потоков цифровой животноводческой фермы // Агроинженерия. 2020. № 5(99). С. 26-32. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-5-26-32.

STRUCTURAL AND LOGISTIC MODEL OF MATERIAL FLOWS ON DIGITAL LIVESTOCK FARM

VLADIMIR V. KIRSANOV, DSc (Eng), Chief Research Engineer

E-mail: kirvv2014@mail.ru

DMITRIY YU. PAVKIN, PhD (Eng), Senior Researcher Engineer

E-mail: dimqaqa@mail.ru

YEVGENY A. NIKITIN, post-graduate student, Junior Research Engineer

E-mail: evgeniy.nicks@yandex.ru

SERGEYS. YUROCHKA, post-graduate student, Junior Research Engineer

E-mail: yurochkasr@gmail.com

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutsky Proezd Str., Bld 5

The problems of the digitalization of livestock enterprises are closely related to the construction of models and algorithms describing the functioning of individual technological processes and subsystems united by a common control system. Based on the cluster approach, three groups of tasks for the intellectualization and digitalization of objects in livestock breeding are formulated: 1) recognition of images of biological objects and models of their group and individual behavior, 2) genomic assessment of farm animals, prediction of their genetic potential, with the possibility of better adaptation to technologies and specific economic conditions, 3) multi-agent management of automated and robotic technical means. The authors initialized the video images of biological objects, developed a structural and functional model of a complex biotechnical system “Man-Machine-Animal”, including automated workstations of key specialists, signal receiving-and-transmitting base stations, technological modules for animal service (feeding, watering, milking, microclimate, etc.), representing local biotechnical systems. The paper presents a structural-and-logistic “funnel” model of a livestock farm functioning. The model includes vectors of incoming material flows, outgoing production flows and outgoing by-products (production waste) described using appropriate formalizations. The authors provide the structural typification of technological modules and subsystems for their mathematical analysis and subsequent digital transformation of livestock farms.

Key words: livestock farm, structure, model, logistics, intellectualization, digitalization, genome, initialization, video image, multi-agent management, local biotechnical system, “funnel” model, material flow, typing, technology module, subsystem.

For citation: Kirsanov V.V., Pavkin D. Yu., Nikitin Ye.A., Yurochka S.S. Structural and logistic model of material flows on digital livestock farm. *Agricultural Engineering*, 2020; 5 (99): 26-32. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-5-26-32.

Введение. Проблемы цифровизации животноводческих предприятий тесно связаны с построением моделей и алгоритмов функционирования отдельных технологических процессов и подсистем, объединенных общей системой управления. Систему, которую представляет молочная ферма, принято относить к классу сложных биотехнических систем «Человек-машина-животное» [1]. В животноводстве биологические объекты являются мобильными и могут перемещаться на пастбище, в коровнике, на выгульных площадках, выбирать себе режимы самообслуживания при наличии технологических ограничений (привязь, групповой загон и др.), что коренным образом отличает их от объектов растениеводства, в котором преимущественно преобладает биоцентрическая модель трансформации материальных и информационных потоков. Идеальный вариант – это самоорганизация животных, движимых инстинктами поведения, условными и безусловными рефлексами к местам самообслуживания [2]. Отличаются биологические объекты и по периодичности биологических циклов и производственных процессов. «Плод» в растениеводстве созревает в течение сезона, у коровы молоко вырабатывается непрерывно (доение – 3 раза в сутки) в течение всей лактации. Правда, для этого нужен длительный период: около 2-2,5 лет формирования организма, и только затем наступает период «установившегося режима» в виде лактационных циклов, который составляет всего 2,5-3 лактации. КПД животного составляет около 50%: 2-2,5 года растёт и 2,5-3 года «плодоносит», а далее

происходит выбраковка. Такое соотношение нельзя назвать нормальным, поэтому требуется продление периода продуктивного долголетия хотя бы до 4-5 лактаций, для чего нужны щадящие высокоточные, физиологически адекватные режимы обслуживания животных. Только одной неправильной техникой доения можно испортить генетику и селекцию и отправить животное на выбраковку [3]. Поэтому так важно по мере развития автоматизации и роботизации процессов на основе систем искусственного интеллекта контролировать и согласованно управлять процессами, технологиями и машинами, предоставляя все необходимые услуги животному в соответствии с его индивидуальными потребностями. Машина должна распознавать намерения животного и помогать их осуществлять, обеспечивать бесперебойное снабжение и доступ к материальным потокам (кормам, воде, воздуху, свету и др.), предотвращать этологические конфликты, распознавать ситуационную модель поведения конкретного биологического объекта, передавать и принимать соответствующую информацию о животном или от животного.

Цель исследования: рассмотреть структурно-функциональные связи отдельных подсистем и движимые и преобразующиеся в них материальные потоки, описать их соответствующими формализациями и на этой основе построить модель управления всей системой, допуская определенную автономизацию отдельных подсистем. Сформулировать задачи по интеллектуализации и цифровизации объектов в животноводстве.

Материал и методы. На основе кластерного подхода сформулированы задачи по интеллектуализации и цифровизации объектов в животноводстве: 1) распознавание образов биологических объектов и моделей их группового и индивидуального поведения; 2) геномная оценка сельскохозяйственных животных, прогнозирование их генетического потенциала с возможностью лучшей адаптации к технологиям и конкретным хозяйственным условиям; 3) мультиагентное управление автоматизированными и роботизированными техническими средствами.

Построение модели управления системой возможно при решении ряда следующих задач.

1. Разработка соответствующего аппаратно-программного обеспечения для распознавания образов биологических объектов и моделей их группового и индивидуального поведения, биометрии, бонитировки, контроля развития, болезни и т.п. (объект лежит, не встает или, наоборот, быстро перемещается, мешает другим, допускает садку другой коровы (верный признак половой охоты), принимает угрожающие позы, испытывает боль, хромота и т.д.) [4]. Данная задача может быть решена

совместно двумя системами идентификации животных и видеоаналитики. Камеры последней могут быть установлены в характерных точках обслуживания (самообслуживания) животных (стойлах, поилках, кормушках, доильных залах), что позволяет фиксировать количество подходов животных к кормовому столу, их двигательную активность и др. (рис. 1).

2. Построение прогнозных моделей генетической и фактической продуктивности животных, их продуктивного долголетия, возможных патологических изменений организма и др. – на основе методов алгебраической биологии [5] посредством геномной оценки сельскохозяйственных животных, прогнозирования их генетического потенциала, с возможностью лучшей адаптации к технологиям и конкретным хозяйственным условиям.

3. Мультиагентное управление автоматизированными и роботизированными средствами (доильными, кормораздающими, навозоуборочными роботами, роботами-пастухами) или движениями самих биологических объектов – например, при пастьбе животных (сохранение целостности стада, следование за вожакom, отпугивание хищников и др.) [6].

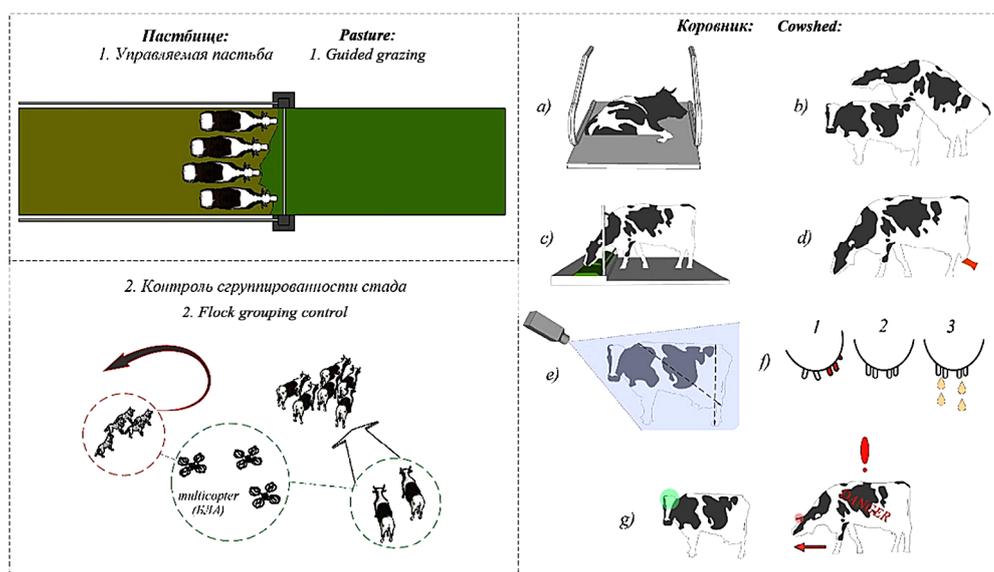


Рис. 1. Инициализация видеообразов биологических объектов:

- a) отдых в боксе; б) садка другого животного (признак половой охоты); в) подход к кормовому столу;
- д) двигательная активность; е) бонитировочные размеры; ф) форма и размеры вымени; г) повышенная агрессия

Fig. 1. Initialization of video images of biological objects:

- a) resting in the box; б) a pen of another animal (a sign of sexual desire); в) approaching the feed table;
- д) physical activity; е) grading dimensions; ф) the shape and size of an udder; г) increased aggression

Результаты и обсуждение. Молочная ферма как система состоит из трех подсистем: «Человек», «Машина», «Животное».

Подсистема управления «Человек» – операторская подсистема, включающая в себя два уровня: обслуживающий персонал (техники, операторы машинного доения и др.) и специалистов, работающих с животными контактно и в личных кабинетах автоматизированной системы управления (АСУ) фермы (ветврач, зоотехник, инженер).

«Животное» – биологическая подсистема, включающая в себя различные половозрастные группы животных. В качестве критериев функционирования и системообразующего фактора можно выделить их продуктивное долголетие. Управление в подсистеме «Животное» строится на основе

учета биологических циклов животных, состоящих из трех периодов: молочный, долактационный и лактационный. В молочный период осуществляется контроль за массой, количеством выпаиваемого молока, состоянием здоровья. В долактационный период осуществляется контроль за рационами, массой животного, происходит определение бонитировочных характеристик и состояния здоровья. В лактационный период учитываются раздой, осеменение, запуск, роды; контролируются рацион, качество кормления и микроклимат; осуществляются перевод из группы в группу по стадиям лактации, перевод в запуск и контроль за началом родов [7].

Датчики, находящиеся на животных, могут отправлять информацию непосредственно в АСУ фермы или через соответствующий машинно-технологический блок. Часть

показателей животных может отправляться только контактно с конкретного технологического модуля: количество потребленного корма (с автокормушки), надой молока (с доильного места) и т.д.

Подсистема «Машина» – это машинно-технологический блок, содержащий накопительные начальные и конечные емкости запасов кормов, расходных материалов и отходов производства, регулирующие емкости оперативного расхода и накопления: кормовые столы, бункеры-накопители, водонапорные башни, навозоуборочные каналы, накопительные площадки; машинные модули обеспечения микроклимата, кормления, поения, доения, навозоудаления, построенные в основном по машинно-центрическому принципу в виде локальных биотехнических подсистем ЛБТС [8].

Структурно-функциональная модель сложной биотехнической системы «Человек-машина-животное»

животноводческой фермы может функционировать следующим образом: технологические модули обслуживания животных (кормления, поения, доения, микроклимата и др.) – локальные биотехнические системы (ЛБТС) – передают информацию о выполненной работе по обслуживанию животных (надой молока, потребление корма, воды, физиологическое состояние КРС) через соответствующие базовые станции (БС) посредством интернет-технологий на автоматизированные рабочие места (АРМы) специалистов фермы, которые эту информацию анализируют и при необходимости вносят соответствующие коррективы в алгоритмы обслуживания животных, отсылая управляющие команды и сигналы в обратном порядке в ЛБТС. Последние уже в автономном режиме, подчиняясь вышеуказанным командам, выполняют соответствующие операции по обслуживанию животных (рис. 2).

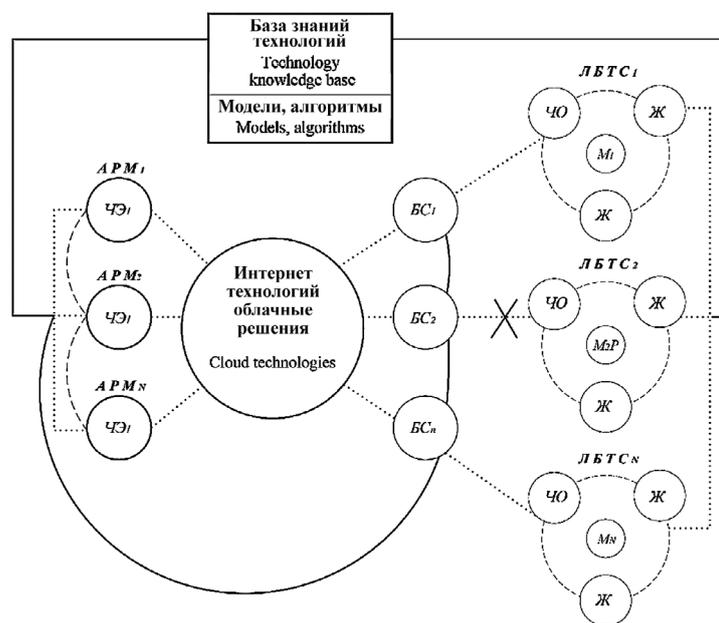


Рис. 2. Структурно-функциональная модель

сложной биотехнической системы «Человек-машина-животное» животноводческой фермы:

АРМ₁...АРМ_n – автоматизированные рабочие места ведущих специалистов (зоотехников, ветврачей, инженеров и др.);

БС₁...БС₃ – приемо-передающие сигналы, базовые станции (БС);

ЛБТС₁...ЛБТС_n – технологические модули обслуживания животных (кормление, поение, доение, микроклимат и др.) – локальные биотехнические системы; ЧО – человек-оператор; Ж – животное; ЧЭ – человек-эксперт

Fig. 2. Structural and functional model of a complex biotechnical system “Man-Machine-Animal” of a livestock farm:

АРМ₁...АРМ_n – automated workplaces for key specialists (livestock technicians, veterinarians, engineers, etc.);

БС₁...БС₃ – base stations receiving and transmitting signals (БС);

ЛБТС₁...ЛБТС_n – technological modules for servicing animals (feeding, drinking, milking, microclimate, etc.) – local biotechnical systems; ЧО – human operator; Ж – animal; ЧЭ – human expert

В качестве системообразующего фактора в машинно-технологической подсистеме выступают целевые функции комфортного обслуживания, доступности материальных потоков и получения продукции от животных. Данная подсистема является наиболее крупной, включая в себя детерминированные и стохастические потоки, направленные к животным или получаемые от них. Контроль и управление движением материальных потоков являются ключевой задачей в процессе интеллектуализации и цифровизации животноводческих ферм, в результате которых будут обеспечиваться прослеживаемость движения

и трансформации материальных потоков, качество обслуживания животных, качество получаемых производственных потоков и наиболее эффективное управление биотехническими подсистемами животноводческой фермы.

Структуру логистических потоков животноводческой фермы целесообразно представить в виде «воронкообразной» модели с векторами входящих материальных потоков $\vec{p} [q_1 \dots q_n, t]$, исходящих производственных потоков $\vec{m}_n [m_n \dots m_n, t]$ и исходящих побочных продуктов (отходов) производства $\vec{m}_o [m_o \dots m_o, t]$ (рис. 3) [9].

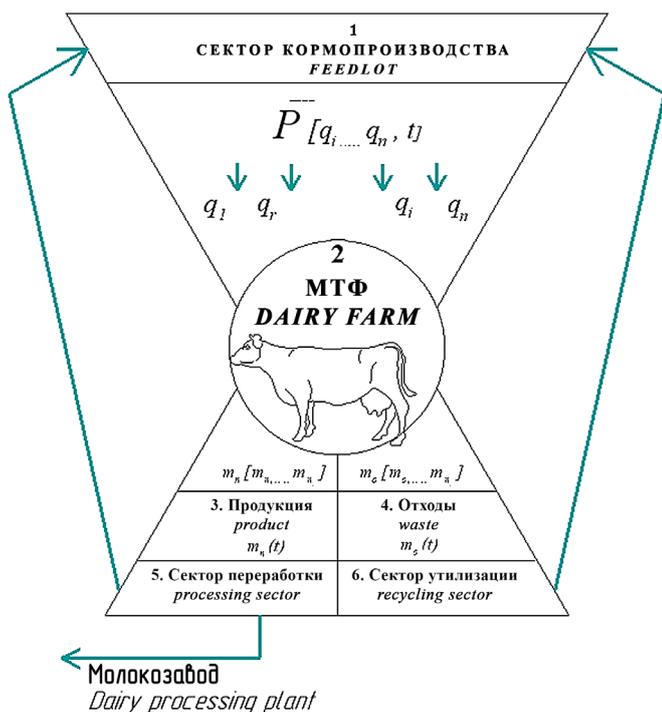


Рис. 3. Структурно-логистическая «воронкообразная» модель функционирования животноводческой фермы:

- 1 – сектор кормопроизводства;
- 2 – МТФ (молочно-товарная ферма); 3 – продукция;
- 4 отходы; 5 – сектор переработки; 6 – сектор утилизации

Fig. 3. Structural and logistic “funnel” model of the functioning of a livestock farm:

- 1 – feed production sector; 2 – dairy farm; 3 – products;
- 4 – waste; 5 – processing sector; 6 – recycling sector

Вектор входящих материальных потоков представляет собой сумму логического сложения материальных потоков:

$$\bar{p}[q_1 \dots q_n, t] = \bar{q}_1(t) \vee \bar{q}_r(t) \vee \bar{q}_i(t) \vee \bar{q}_n(t), \quad (1)$$

где $\bar{q}_1(t) \dots \bar{q}_n(t)$ – входящие материальные потоки кормов, воды, воздуха, света и др.; \vee – оператор дезьюнкции (логического сложения).

Уравнение материального баланса фермы можно представить как

$$\bar{p}[q_1 \dots q_n, t] = \bar{m}_n[m_n \dots m_n(t)] \vee \bar{m}_o[m_o \dots m_o(t)]. \quad (2)$$

Логистическая подструктура каждого потока может быть представлена по аналогии с выражением [10]:

$$\begin{matrix} A_{N_j} \vee q_i \vee A_{p_i} \vee q_{i+1} \vee \dots \vee A_{N_{k_i}} \\ \vdots \\ A_{N_n} \vee q_n \vee A_{p_n} \vee q_{n+1} \vee \dots \vee A_{N_{k_n}} \end{matrix}, \quad (3)$$

где $A_{N_j} \dots A_{N_n}$ – блок начальных накопительных емкостей (кормохранилищ); $q_{i+1} \dots q_{n+1}$ – блок входящих (исходящих) детерминированных материальных потоков (подача транспортеров, насосов и др.); $A_{p_i} \dots A_{p_n}$ – блок регулирующих демпфирующих емкостей (молокоприемники, водонапорные башни, поилки и др.); $q_i \dots q_n$ – блок входящих (исходящих) стохастических материальных

потоков (потребление воды, корма, поток молока и др.); $A_{N_{k_i}} \dots A_{N_{k_n}}$ – блок конечных накопительных емкостей (резервуары хранения молока, станции КНС).

Потоки могут классифицироваться как детерминированные и случайные; входящие и исходящие; производственные материальные, биологические, информационные, финансовые; непрерывные и дискретные.

Отдельные логистические подструктуры могут образовывать технологические модули кормления, доения, водоснабжения, автопоения, навозоудаления. При этом сюда могут входить как машинные модули (транспортеры, кормораздатчики и др.), так и элементы обменно-планировочных решений (хранилища кормов, накопительные каналы и др.)

Таким образом, любой объект можно рассматривать как совокупность подсистем, состоящих из модулей M_i , и представить в матричной форме:

$$\begin{matrix} M_1 & M_2 & M_i & M_n \\ A_{N_{1-n}} & A_{N_{2-n}} & A_{N_{i-n}} & A_{N_n} \\ \widetilde{q}_{1-n} & \widetilde{q}_{2-n} & \widetilde{q}_{i-n} & \widetilde{q}_{n-n} \\ A_{p_{1-n}} & A_{p_{2-n}} & A_{p_{i-n}} & A_{p_{n-n}} \\ = & = & = & \\ g_{1-n} & q_{2-n} & q_{i-n} & q_{n-n} \\ A_{N_{k_{1-n}}} & A_{N_{k_{2-n}}} & A_{N_{k_{i-n}}} & A_{N_{k_{n-n}}} \end{matrix}$$

Машинные модули могут входить в элемент \widetilde{q}_i, q_{1-n} . При этом работает связка $\widetilde{q}_i \vee q_{1-n} = A_p$, то есть связь случайного и детерминированного потока проходит через регулируемую емкость типа A_p . Характерный пример формализации такого вида – это линия поения и водоснабжения (рис. 4).

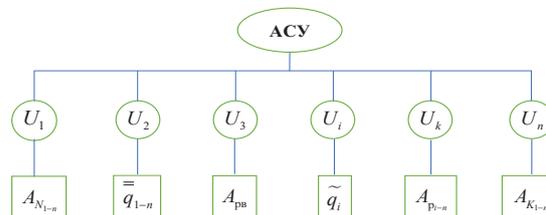


Рис. 4. Структурно-функциональная схема поточно-технологических линий водоснабжения и автопоения:

- АСУ – автоматизированная система управления;
- $U_1 \dots U_n$ – управляющие сигналы;
- $A_{N_{1-n}}$ – накопительная емкость (источник воды: подземный, наземный);
- q_{1-n} – звено детерминированного потока (водоподъемная установка);
- $A_{p_{1-n}}$ – регулирующая емкость потока подачи (водонапорная башня);
- \widetilde{q}_i – звено случайности потока (водопроводная сеть внутри фермы);
- $A_{p_{i-n}}$ – регулирующие емкости водопотребления (автопоилки);
- $A_{k_{1-n}}$ – конечные «емкости» водопотребления (животные)

Fig. 4. Structural and functional diagram of flow-technological lines of water supply and auto-drinking:

- АСУ – automated control system; $U_1 \dots U_n$ – control signals;
- $A_{N_{1-n}}$ – storage tank (water source: underground, surface);
- q_{1-n} – a link of a deterministic flow (water lifting unit);
- \widetilde{q}_i – regulating capacity of the supply flow (water tower);
- q_i – flow randomness link (water supply network inside the farm);
- $A_{p_{i-n}}$ – regulating water consumption tanks (drinking bowls);
- $A_{k_{1-n}}$ – final “containers” of water consumption (animals)

Из представленных элементов можно составить любой технологический модуль M_i . Данная запись позволяет формализовать связи в подсистемах (технологических модулях), провести их типизацию и смоделировать любой технологический объект (ферму). На основе проведенной структурной типизации можно оцифровать все материальные потоки, движимые в процессе функционирования поточно-технологических линий (ПТЛ), представив их с логистических позиций в виде систем «тянущего» и «толкающего» типов [11].

С точки зрения цифровизации и интеллектуального управления важно рассмотреть логику отдельных процессов и подсистем, произвести их оцифровку по критериальным показателям в характерных точках; отработать модель межоперационного взаимодействия между технологическими потоками с последующей передачей информации в АСУ фермы.

Библиографический список

1. Черноиванов В.И., Судаков С.К., Толоконников Г.К. Биомашсистемы, функциональные системы и категорная теория систем // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2017. № 2 (26). С. 32-43.
2. Некипелов С.И., Ужик В.Ф., Китаёва О.В., Кузьмина О.С., Шахов В.А. Экспериментальные исследования устойчивости против опрокидывания мобильного агрегата для доения коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (77). С. 153-157.
3. Барабанов Д.В., Крупин А.В., Муханов Н.В., Абаляхин А.М. Алгоритм работы блока управления роботизированной установкой преддоильной подготовки вымени // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019. № 1 (33). С. 90-95.
4. Никитин Е.А. Система роботизированного обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах // Техника и оборудование для села. 2020. № 6 (276). С. 26-30. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-6-26-30
5. Селионова М.И., Айбазов. А.М. Геномные технологии в селекции сельскохозяйственных животных // В сборнике научных трудов Ставропольского НИИ животноводства и кормопроизводства. 2014. Т. 1. № 7. С. 140-145.
6. Будаев Д.С., Вошук Г.Ю., Гусев Н.А., Мочалкин А.Н. Мультиагентная система согласованного управления группой беспилотных летательных аппаратов // Труды XVIII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». Самара, 2016. С. 180-190.
7. Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Никитин Е.А., Филонов Р.Ф. Состояние и перспективы развития технического сервиса в животноводстве // Технический сервис машин. 2020. № 2 (139). С. 76-82. DOI: 10.22314/2618-8287-2020-58-2-76-82.
8. Никитин Е.А., Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю. Обоснование структурно-кинематических схем автоматических манипуляторов для почетвертного доения // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 128. С. 112-117.
9. Лубенцова В.С. Математические модели и методы в логистике: Учебное пособие. Самара: Самарский государственный техн. университет, 2008. 157 с.
10. Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Подобедов П.Н., Никитин Е.А. Направления исследований в создании

Выводы

Проведенная инициализация видеообразов биологических объектов, разработанная структурно-логистическая «воронкообразная» модель функционирования животноводческой фермы, включающая в себя векторы входящих материальных потоков, исходящих продукционных потоков и исходящих побочных продуктов (отходов) производства, описанные с помощью соответствующих формализаций, проведенная структурная типизация технологических модулей и подсистем создают предпосылки для аналитического исследования и детализации технологических процессов и функциональных подсистем для дальнейшего повышения уровня интеллектуализации производства и его цифровой трансформации на животноводческих фермах.

References

1. Chernoiivanov V.I., Sudakov S.K., Tolokonnikov G.K. Biomashsistemy, funktsional'nye sistemy i kategornaya teoriya sistem [Biomachsystems, functional systems and categorical systems theory]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*, 2017; 2 (26): 32-43. (In Rus.)
2. Nekipelov S.I., Uzhik V.F., Kitayova O.V., Kuz'mina O.S., SHahov V.A. Eksperimental'nye issledovaniya ustoychivosti protiv oprokidyvaniya mobil'nogo agregata dlya doeniya korov [Experimental studies of the overturning stability of a mobile cow milking unit]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019; 3 (77): 153-157. (In Rus.)
3. Barabanov D.V., Krupin A.V., Mukhanov N.V., Abalikhin A.M. Algoritm raboty bloka upravleniya robotizirovannoy ustanovkoy preddoil'noy podgotovki vymeni [Operation algorithm of a control unit for a robotic installation of pre-milking udder preparation]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*, 2019; 1 (33): 90-95. (In Rus.)
4. Nikitin E.A. Sistema robotizirovannogo obsluzhivaniya kormovogo stola na zhivotnovodcheskikh kompleksakh [System of robotic servicing the feed table on livestock farms]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2020; 6 (276): 26-30. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-6-26-30 (In Rus.)
5. Selionova M.I., Aybazov A.M. Genomnye tekhnologii v selektsii sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh [Genomic technologies in breeding farm animals]. In: *Sb. nauchn. trudov Stavropol'skogo NII zhiv-va i kormoproizvodstva*. 2014; 1(7): 140-145. (In Rus.)
6. Budaev D.S., Voshchuk G.Yu., N.A. Gusev N.A., Mochalkin A.N. Mul'tiagentnaya sistema soglasovannogo upravleniya gruppoy bespilotnykh letatel'nykh apparatov [Multiagent system for coordinated controlling a group of unmanned aerial vehicles]. *Trudy XVIII Mezhdunarodnyj konferentsii "Problemy upravleniya i modelirovaniya v slozhnykh sistemakh"*. Samara, 20-25 sentyabrya 2016: 180-190. (In Rus.)
7. Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu., Nikitin E.A., Filonov R.F. Sostoyanie i perspektivy razvitiya tekhnicheskogo servisa v zhivotnovodstve [Current state and prospects for the development of technical service in animal husbandry]. *Tekhnicheskij servis mashin*, 2020; 2 (139): 76-82. (In Rus.)
8. Nikitin E.A., Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu. Obosnovanie strukturno-kinematicheskikh skhem avtomaticheskikh manipulyatorov dlya pochetvertnogo doeniya [Rationale for structural

автоматизированных систем почтчетвертного доения для станочных доильных установок // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2017. № 4 (28). С. 16-20.

11. Алесинская Т.В. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. 121 с.

and kinematic schemes of automatic manipulators for quarter milking]. *Trudy GOSNITI*, 2017; 128: 112-117. (In Rus.)

9. Lubentsova V.S. Matematicheskie modeli i metody v logistike: uch. posobie [Mathematical models and methods in logistics: Study manual]. Samara, Samar. gos. tekhn. universitet, 2008: 157. (In Rus.)

10. Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu., Podobedov P.N., Nikitin E.A. Napravleniya issledovaniy v sozdaniy avtomatizirovannykh sistem pochetvertnogo doeniya dlya stanochnykh doil'nykh ustanovok [Research trends in the development of automated systems of quarter milking for milking units]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*, 2017; 4 (28): 16-20. (In Rus.)

11. Alesinskaya T.V. Osnovy logistiki. Obshchie voprosy logisticheskogo upravleniya: uchebnoe posobie [Basics of logistics. General issues of logistics management: Study manual]. Taganrog, Izd-vo TRTU, 2005: 121. (In Rus.)

Критерии авторства

Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Никитин Е.А., Юрочка С.С. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Никитин Е.А., Юрочка С.С. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 23.06.2020

Опубликована 30.10.2020

Contribution

V.V. Kirsanov, D. Yu. Pavkin, Ye.A. Nikitin, S.S. Yurochka carried out theoretical studies, generalized the obtained results and wrote the manuscript. V.V. Kirsanov, D. Yu. Pavkin, Ye.A. Nikitin, S.S. Yurochka have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on June 23, 2020

Published 30.10.2020

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 631.6:626.86

DOI: 10.26897/2687-1149-2020-5-32-37



НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В РАЗРАБОТКЕ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УСЛОВИЙ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ

ШЕВЧЕНКО ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ, докт. с.-х. наук, профессор¹

E-mail: Shevchenko.v.a@yandex.ru

ГУБИН ВЛАДИМИР КОНСТАНТИНОВИЧ, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник¹

E-mail: gubin.vladimir2011@yandex.ru

КУДРЯВЦЕВА ЛИДИЯ ВЛАДИМИРОВНА, младший научный сотрудник¹

E-mail: kudryavtzeva.lidia2016@yandex.ru

АЛИПИЧЕВ АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ, канд. пед. наук, доцент²

E-mail: al_new2003@mail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, корпус 2

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49

Рассматриваются проблемы совершенствования конструкций осушительно-увлажнительных систем в Нечерноземной зоне с учетом большого разнообразия в ней природно-климатических и мелиоративных условий. Предлагается рассматривать направления