

УДК 658.52.012.011.56:631.22.014

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ КРУГЛОСУТОЧНОЙ РАЗДАЧИ ЖИДКИХ КОРМОВ

И. И. Гируцкий

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
Республика Беларусь, 220013, Минск, проспект Независимости, 99
E-mail: gir_50@mail.ru

А.Г. Сеньков

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
Республика Беларусь, 220013, Минск, проспект Независимости, 99
E-mail: sencov_1981@tut.by

Ключевые слова: энергосбережение, моделирование, интеллектуальное управление, контроллер, дозирование.

Аннотация: Рассмотрен энергосберегающий эффект от внедрения безлюдной многоуровневой круглосуточной раздачи жидких кормов на свиноводческих комплексах. Приведено математическое описание интеллектуальных функций оператора, передаваемых программно-техническому комплексу системы управления. Получена количественная оценка энергосберегающего эффекта при переходе от двухразовой к многоуровневой круглосуточной раздаче кормов свиньям.

1. Введение

Эпоха механизации производства связана с непрерывным увеличением единичной мощности оборудования. Это обусловлено необходимостью повышения производительности труда человека, осуществляющего управление средствами механизации. Увеличение единичной мощности оборудования, как правило, сопровождается ростом его металло- и энергоемкости. Развитие возможностей математического моделирования и их реализации на базе современных средств компьютеризированного управления позволяет принципиально изменить подходу к выбору параметров технологического оборудования сельскохозяйственного производства. Исключение не только физических, но и интеллектуальных возможностей человека при реализации технологического процесса раздачи жидких кормов позволяет существенно уменьшить энергозатраты, благодаря снижению производительности оборудования за счет круглосуточной его работы в дискретно-непрерывном режиме.

В Республике Беларусь функционируют свыше 100 свиноводческих комплексов. Жидкое кормление свиней на основе полнорационных комбикормов является широко распространенной технологией кормления свиней, обеспечивающей высокоэффективное использование дорогостоящих ресурсов. Типовое оборудование и система управления реализуют двукратную раздачу корма в соответствии с зоотехническими нормами.

Раздача кормов животным является энерго- и трудоемким процессом, значительно влияющим на конкурентоспособность производимой продукции. Снижение количества потребляемой электрической энергии может быть достигнуто за счет использования современных автоматизированных методов управления технологическими процессами, позволяющими реализовать практически безлюдное, с возможностью удаленного контроля производство. Реализация возможностей современных систем управления технологическими процессами позволяет переложить и интеллектуальные функции оператора на вычислительное устройство. Исключение необходимости присутствия оператора в процессе выполнения технологического процесса позволяет увеличить время работы оборудования и существенно уменьшить его производительность.

Жидкое кормление является полностью механизированным процессом и обеспечивает высокую эффективность откорма свиней [1, 2]. Представляет интерес энергетическая оценка эффективности реализации перехода к многоразовому, круглосуточному кормлению свиней.

2. Основная часть

2.1. Математическая модель энергозатрат на раздачу кормов

Рассмотрим теоретические аспекты и практическую реализацию интеллектуальных автоматизированных методов управления, на примере технологического процесса раздачи жидких кормов на свиноводческих комплексах.

Основные функции управления процессом кормления свиней [2]:

- 1) Определение времени кормления.
- 2) Расчет доз кормления в соответствии с количеством и половозрастными характеристиками животных.
- 3) Приготовление необходимого объема корма.
- 4) Раздача корма по кормушкам в соответствии с запланированными дозами.
- 5) Контроль поедаемости корма.

При предыдущем уровне возможностей средств управления функции (1, 2 и 4) выполнялись персоналом [1, 2]. Необходимость наличия персонала при определении доз кормления и контроля поедаемости корма обуславливала двухкратное кормление свиней за время рабочего дня. Соответственно, технологическое оборудование должно было обеспечить приготовление и раздачу суточной дозы корма за 2-4 часа.

Развитие вычислительных возможностей современных контроллеров и построение моделей роста свиней на откорме [3], позволяет реализовать функцию (1) в виде алгоритмического и программного обеспечения, без участия персонала.

В основе интеллектуального алгоритма управления расчетом доз кормления лежит модель прибавки массы свиней на откорме [3]

$$(1) \quad P(m) = \mu \cdot m^{\alpha} \cdot \frac{(D - D_{\text{maint}})}{(D + D_{\text{maint}})},$$

где m – живая масса животного, кг; P – суточная прибавка живой массы, кг; μ , α – коэффициент пропорциональности и показатель степени, постоянные для данной породы и данных условий содержания и кормления; D – суточная доза кормления, МДж; D_{maint} – поддерживающая суточная доза кормления, МДж.

Поддерживающая доза, обеспечивающая 420 кДж/кг^{3/4}, определяется следующим образом:

$$(2) \quad D_{\text{maint}} = k \cdot m^{3/4},$$

где k – коэффициент, зависящий от энергосодержания 1 кг корма, к. ед./кг^{3/4}.

Модель (1) обладает устойчивостью на данные различных зоотехнических опытов и настраивается путем подбора коэффициентов: μ и α определяется генетическим потенциалом животных и условиями их содержания, а k определяется энергосодержанием 1 к. ед. используемого корма.

На основе экспериментальных данных, были проведены исследования по оценке адекватности предложенной зависимости (1). Для решения этой задачи были применены методы наименьших квадратов и регрессионного анализа. Расчеты проводились в электронных таблицах MS Excel 2000. Экспериментальные данные и результаты расчетов по формуле (1) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Экспериментальные данные зоотехнических опытов [3] и расчет по формуле (1) суточной прибавки массы свиней на откорме

Номер опыта	Масса свиньи, m , кг	Доза корма, D , к. ед.	Доза подерж. D_{maint} , к. ед.	Привес, кг		Погрешность, %,
				эксперим.	расчет., $P(m)$	
1	36,3	2,1	0,444	0,75	0,778	-3,783
2	45,4	2,542	0,525	0,82	0,832	-1,407
3	54,5	2,838	0,602	0,86	0,860	-0,026
4	72,6	3,185	0,746	0,91	0,882	3,087
5	90,8	3,895	0,882	0,95	0,948	0,216
6	100	4,312	0,949	0,98	0,985	-0,466

Очевидно, что формула (1) корректно отражает требуемую зависимость, т. к. погрешность не превышает допустимо возможную для этих данных (2-3 %).

Для выбора дозы корма необходимо обосновать критерии оптимальности. Например, при использовании в качестве критерия минимум удельных затрат корма доза определяется соотношением:

$$(3) \quad D_{\text{opt}} = (1 + \sqrt{2}) \cdot D_{\text{maint}} \approx 2.4 \cdot D_{\text{maint}}.$$

Т.е., зная первоначальную массу свиньи в первый день постановки свиньи на откорм, мы можем по формуле (2) определить поддерживающую дозу, по формуле (3) рассчитать оптимальную дозу кормления. А суточную прибавку массы вычисляем по формуле (1). На следующие сутки расчеты повторяются.

Тогда масса животного в n -й день откорма будет равна:

$$(4) \quad m(n) = m(1) + \sum_{i=1}^n P(i),$$

где $m(1)$ – масса свиньи при постановке на откорм, кг.;

$P(i)$ – текущие привесы в i -й день откорма, кг; n – день откорма.

На откорме свиньи содержатся в групповых станках, тогда групповая доза l -го станка:

$$(5) \quad D[l] = N[l] \cdot 2.4 \cdot D_{\text{maint}}.$$

А суммарный объем приготовления корма для раздачи по всем групповым станкам составляет:

$$(6) \quad V = \sum D[l].$$

Проектная производительность линий раздачи жидких кормов Q должна обеспечивать кормление расчетного откармливаемого поголовья в соответствии с технологическими требованиями [1]:

$$(7) \quad Q = V / (n \cdot t),$$

где V –суточный объем раздаваемого корма заданной влажности, л.; n – число кормлений за сутки; t – время одной раздачи корма, с.

Ранее в работах [3, 4] была эмпирически установлена связь мощности кормораздаточного насоса с его производительностью:

$$(8) \quad P = l \cdot K_0 \cdot Q^\gamma,$$

где Q – текущий расход жидкого корма, м³/с; l – длина кормопровода, м.; K_0 и γ – аппроксимационные коэффициенты, значения которых зависят от влажности кормосмеси W и геометрических параметров кормопровода и могут быть табуированы.

Указанный подход к анализу экспериментальных данных позволил получить следующие результаты, отраженные в таблице 2.

Таблица 2. Результаты аппроксимации экспериментальных данных по формуле (8)

W, %	77	78.6	80	82.5	84	85.9
γ	1.12	1.26	1.42	1.68	1.78	1.36
K_0 , кВт·м·1·(с./л.) $^\gamma$	0.02102	0.01522	0.00642	0.00369	0.00295	0.00473

А суточные энергозатраты на раздачу корма будут определяться выражением:

$$(9) \quad E = P \cdot t \cdot n.$$

Подстановка (7) и (8) в (9) показывает зависимость энергозатрат:

$$(10) \quad E = (l \cdot K_0 \cdot V^\gamma \cdot t^{1-\gamma}) \cdot n^{1-\gamma}.$$

При типовом оборудовании на свиноводческих комплексах, требующем присутствия оператора, принято 2-разовое кормление. Внедрение современных инфокоммуникационных технологий управления, позволяющих исключить обязательное присутствие оператора, может дать трех- и более кратное снижение энергозатрат на раздачу жидкого корма по сравнению с 2-разовым кормлением (рис. 1).

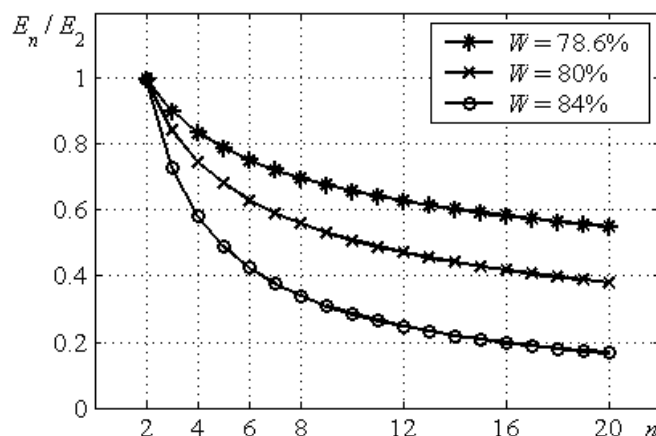


Рис. 1. Сокращение энергозатрат на раздачу жидкого корма при увеличении числа кормлений в сутки n ; E_2 , E_n – энергозатраты, соответственно, при 2-разовом и n -разовом кормлении; W – влажность кормосмеси.

2.2. Реализация системы управления на свиноводческом комплексе

Для реализации многократной раздачи жидких кормов разработан и внедрен комплект оборудования, схема которого приведена на рис. 2.

Для реализации многократной раздачи жидких кормов разработан и внедрен комплект оборудования, схема которого приведена на рис. 2.

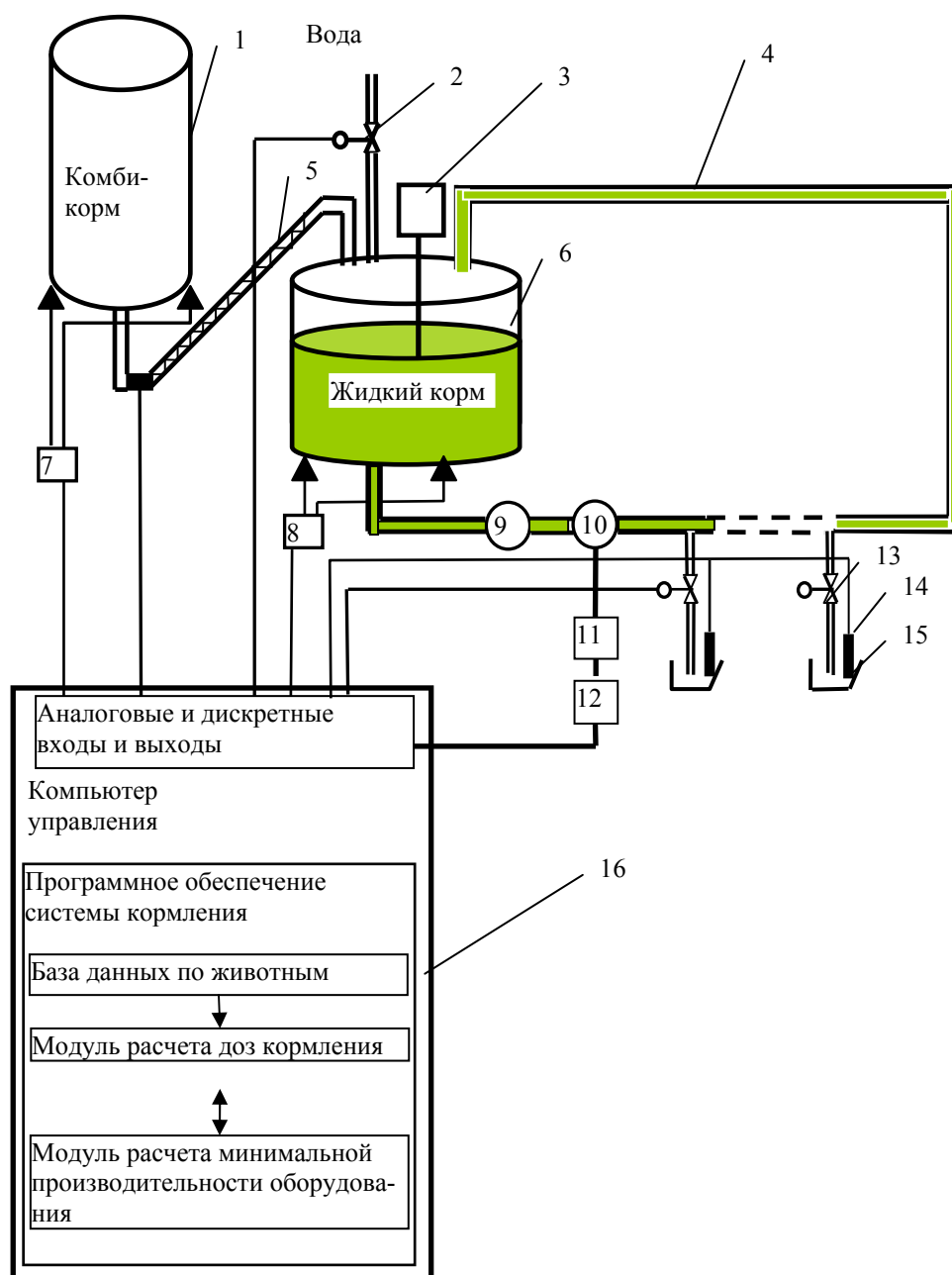


Рис. 2. Технологическая схема раздачи кормов: 1 – бункер комбикорма; 2 – клапан подачи воды; 3 – мешалка; 4 – магистральный кормопровод; 5 – шнек подачи комбикорма в ванну; 6 – смешивательная ванна; 7 – тензвесы бункера комбикорма; 8 – тензвесы смешивательной ванны; 9 – расходомер корма; 10 – насос кормораспределения; 11 – частотный регулятор управления насосом; 12 – прибор измерения параметров насоса; 13 – клапаны подачи жидкого корма в кормушки; 14 – датчик наличия жидкого корма в кормушке; 15 – кормушка; 16 – компьютер управления с программным обеспечением.

Раздача корма осуществляется до 20 раз за сутки. Снижение разовой дозы выдаваемого корма позволяет существенно, в 2..5 раз, уменьшить объем и металлоемкость смешивательных ванн и групповых кормушек. Текущий объем замеса определяется на основании опроса датчиков наличия корма в кормушках и базы данных. Датчики наличия корма работают по принципу электропроводимости (рис. 3 а). Сопротивление между электродом датчика и корпусом кормушки, изготовленных из нержавеющей стали, измеряется дискретным входом контроллера. Если выданный в кормушку корм не поедается за 30..40 мин, то доза корма может быть скорректирована или сформирована заяв-

ка на диагностирование состояния животных в данном групповом станке. Управляющая технологическая программа написана на алгоритмическом языке Automation Basic в среде программирования Automation Studio (рис. 3 б)



Рис. 3. Общий вид датчика наличия корма в кормушке (а) и фрагмент управляющей технологической программы (б).

Для обеспечения удаленного контроля использована известная технология VNC (VirtualNetworkComputing), которая позволяет с помощью локальной или Интернет сети отображать панель оператора системы автоматизации на удаленном компьютере, при этом доступ осуществляется VNC-клиентом (рис. 4а).

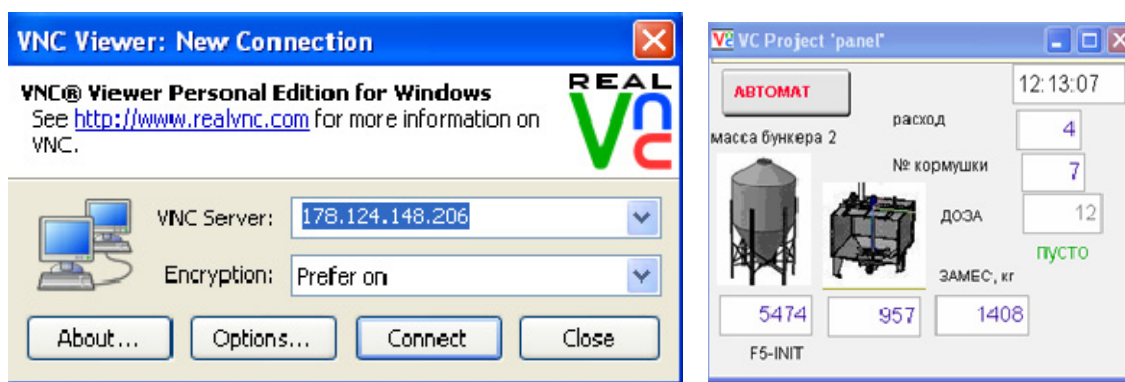


Рис. 4. Окно программы VNC-клиента (а) и окно визуализации процесса раздачи жидкого корма на свиноводческом комплексе (б).

Таким образом, на программно-технические средства системы управления возлагаются интеллектуальные функции, выполняемые ранее оператором, в том числе:

- математические расчеты по расчетам доз кормления, включая их оптимизацию;
- контроль поедаемости корма и формирование, при необходимости, заявки на диагностику состояния животных;
- формирование архива событий;

- использование знаний при диагностике оборудования и предотвращение аварий.

При механизации производства, повышение производительности труда было связано с увеличением единичной мощности и производительности оборудования. Исключение оператора из управления процессом кормления свиней позволяет увеличить время раздачи кормов и тем самым снизить производительность оборудования. Снижение производительности оборудования позволяет уменьшить энерго- и металлоемкость кормораздаточного оборудования

3. Заключение

Таким образом, на программно-технические средства системы управления возлагаются интеллектуальные функции, выполняемые ранее оператором, в том числе:

- математические расчеты по расчетам доз кормления, включая их оптимизацию;
- контроль поедаемости корма и формирование, при необходимости, заявки на диагностику состояния животных;
- формирование архива событий;
- использование знаний при диагностике оборудования и предотвращение аварий.

При механизации производства, повышение производительности труда было связано с увеличением единичной мощности и производительности оборудования. Исключение оператора из управления процессом кормления свиней позволяет увеличить время раздачи кормов и тем самым снизить производительность оборудования. Снижение производительности оборудования позволяет многократно уменьшить энерго- и металлоемкость кормораздаточного оборудования.

Список литературы

1. Махаев, Е.А. Система полнорационного кормления растущих и откармливаемых свиней мясного типа. Рекомендации. ВИЖ, Дубровицы, 2008. 48 с.
2. Гируцкий, И.И. Поточно-механизированные линии с микропроцессорным управлением для откорма свиней / Автореферат дисс. на соиск. степ. д.т.н., Москва, ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. 36 с.
3. Girutski, I.I., Senkov A.G., Matsvejchuk N.M. Identification of daily mass gain for fattening pigs // IV Scientific Congress on Agricultural Machine. 22-25.06.2016 Varna, Bulgaria. P. 96-98
4. Girutski I.I., Sencov A.G., Matsveichuk N.M. Energy saving on distribution of liquid animals feeds at pigsty farms // Journal of Agricultural Science and Technology A. 2015. Vol. 5, No. 7. P. 626-631