

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАЗДАЧЕЙ ЖИДКИХ КОРМОВ НА СВИНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

И.И. Гируцкий, докт. техн. наук, доцент, А.А. Жур, ст. преподаватель, Н.М. Матвейчук, канд. физ.-мат. наук (БГАТУ)

### Аннотация

*В статье рассматривается один из вопросов повышения энергоэффективности процесса раздачи жидких кормов на свиноводческих комплексах.*

*The article is devoted to improving energy efficiency of the liquid feed distribution process at pig complexes*

### Введение

Совершенствование, разработка и внедрение энергоэффективных технологий и оборудования в сельское хозяйство является важнейшим фактором повышения конкурентоспособности производимой продукции. Снижение количества потребляемой тепловой и электрической энергии может быть достигнуто за счет использования современных автоматизированных методов управления технологическими процессами, позволяющими оперативно корректировать и оптимизировать параметры и структуру алгоритма управления на основании использования информации о состоянии контролируемого биотехнического объекта в реальном масштабе времени.

### Основная часть

Рассмотрим теоретические аспекты, составляющие основу интеллектуальных автоматизированных методов управления, на примере технологического процесса раздачи жидких кормов на свиноводческих комплексах.

Проектная производительность линий раздачи жидких кормов должна обеспечивать кормление расчетного откармливаемого поголовья в соответствии с технологическими требованиями [1]. Объем жидкого корма, необходимый для обеспечения кормления, можно представить в виде выражения

$$V = \sum_{i=1}^n D_i(m_i; n_i; p_i), \quad (1)$$

где  $i = 1 \dots n$  – номер группового станка с животными;

$D_i$  – объем корма в кормушку  $i$ -го станка,  $\text{м}^3$ ;

$m_i$  – средняя масса одного животного в  $i$ -ом станке, кг;

$p_i$  – средний суточный привес в  $i$ -ом станке, кг;

$n_i$  – число свиней в  $i$ -ом станке, шт.

Основным потребителем электрической энергии в технологической линии для раздачи жидких кормов является центробежный насос [2]. Суммарные энергозатраты  $E$  на раздачу корма равны

$$E = N \cdot \Delta t, \quad (2)$$

где  $N$  – мощность привода насоса, Вт;

$\Delta t$  – время раздачи корма, с.

В нашем случае время раздачи корма выражается через объем жидкого корма и производительность насоса:

$$\Delta t = \frac{V}{Q}, \quad (3)$$

где  $Q$  – производительность насоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Таким образом, время выдачи корма обратно пропорционально производительности насоса, обеспечивающего его подачу к кормушкам.

Мощность  $N$  насоса может быть рассчитана [3] по формуле

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta}, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность жидкого корма,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;

$H$  – напор, создаваемый насосом, м;

$\eta$  – КПД электродвигателя насоса.

Выражение для напора, создаваемого насосом, определяется по формуле Дарси-Вейсбаха [4] и зависит от влажности кормосмеси, диаметра кормопровода и технических характеристик самого насоса:

$$H = \lambda \cdot \frac{l}{d^5} \cdot \frac{8 \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2}, \quad (5)$$

где  $\lambda$  – безразмерный коэффициент гидравлического сопротивления;

$l$  – длина кормопровода, м;

$d$  – диаметр кормопровода, м.

Таким образом, выражение для мощности насоса может быть записано в виде:

$$N = 8\lambda \cdot \frac{\rho}{\eta} \cdot \frac{l \cdot Q^3}{d^5 \cdot \pi^2}. \quad (6)$$

Подставив выражения (3) и (6) в формулу (2), можно определить суммарные энергозатраты на вы-

дачу запланированного объема жидкого корма в групповые кормушки

$$E = 8\lambda \cdot \frac{\rho}{\eta} \cdot \frac{l \cdot Q^2 \cdot V}{d^5 \cdot \pi^2} \quad (7)$$

Как видно из выражения (7), затраты энергоресурсов находятся в квадратичной зависимости от производительности насоса, что указывает на возможность их значительного снижения при раздаче корма путем уменьшения производительности насоса с учетом введения ограничения на время раздачи, которое не должно превышать проектное. Технологический процесс раздачи всего объема жидкого корма за цикл кормления обычно осуществляется с производительностью  $Q_1$  и за время  $t_1$ , определенной проектом и обеспеченной установленным оборудованием. Кроме того,  $t_1$  часто меньше максимально допустимого времени на одно кормление, предусмотренного технологическими требованиями. Таким образом, уменьшение производительности линии раздачи кормов до величины  $Q_2$ , при условии обеспечения раздачи необходимого количества корма  $V$  за время  $t_2 \leq t_{\max}$ , позволяет обеспечить снижение энергозатрат.

Сравним два возможных варианта реализации раздачи текущего объема жидкого корма  $V < V_{np}$ .

В первом случае при раздаче жидкого корма с проектной производительности  $Q_{np}$  затраты энергии составят

$$E_1 = 8\lambda \cdot \frac{\rho}{\eta} \cdot \frac{l \cdot Q_{np}^2 \cdot V}{d^5 \cdot \pi^2} \quad (8)$$

Во втором случае, при уменьшении производительности до значения, обеспечивающего выдачу необходимого количества корма за проектный промежуток времени, соотношение проектных и реальных показателей можно записать в виде

$$Q = (V/V_{np}) Q_{np} \quad (9)$$

Тогда

$$E_2 = 8\lambda \cdot \frac{\rho}{\eta} \cdot \frac{l \cdot Q_{np}^2 \cdot V^3}{d^5 \cdot \pi^2 \cdot V_{np}^2} \quad (10)$$

Получаем следующее отношение затрат энергии:

$$E_1/E_2 = (V_{np}/V)^2, \quad (11)$$

т.е. снижение производительности в соответствии с формулой (9) позволяет достичь существенного уменьшения затрат энергии без нарушения технологических требований к времени кормления животных.

Одним из технических путей реализации предлагаемого метода снижения энергетических затрат является применение частотно-регулируемого электропривода питающего насоса, обеспечивающего переменную производительность линии в соответствии с технологическим регламентом [2].

Зависимость напора, создаваемого насосом, от частоты вращения вала

$$H = A \cdot n^2 - B \cdot n = H_r + R_T \cdot Q^2, \quad (12)$$

где  $A, B$  – коэффициенты, зависящие от геометрии насоса;

$n$  – частота вращения вала насоса, об/мин.;

$H_r$  – высота подъема жидкого корма, м;

$R_T$  – гидравлическая постоянная кормопровода.

При условии, что затраты на подъем жидкого корма при раздаче незначительны, выражение (12) можно представить в виде

$$A \cdot n^2 - B \cdot n - R_T \cdot Q^2 = 0; \quad (13)$$

откуда выражение для частоты вращения вала насоса примет вид

$$n = \frac{B \pm (B^2 + 4 \cdot A \cdot R_T \cdot Q^2)^{0.5}}{2 \cdot A} \quad (14)$$

Поскольку значение частоты вращения вала не может принимать отрицательные значения, получаем:

$$n = \frac{B + (B^2 + 4 \cdot A \cdot R_T \cdot Q^2)^{0.5}}{2 \cdot A}, \quad (15)$$

т.е. расчетная производительность оборудования (9) будет получена.

Представленные математические выражения легли в основу алгоритма интеллектуального управления линией раздачи жидких кормов (рис. 1), входящей в автоматизированную систему управления линией по откорму свиней [5].



Рисунок 1. Блок-схема фрагмента алгоритма реализации энергосберегающей автоматизированной системы раздачи жидких кормов

Данный алгоритм реализован в автоматизированной системе для откорма свиней [5]. Основным элементом автоматизированной системы управления линией по откорму свиней является компьютер управления с прикладным программным обеспечением ведения базы данных по животным и расчета плановых доз кормления. Входы компьютера управления соединены с датчиками, а выходы с электроприводом линии раздачи жидких кормов. Использование компьютера управления позволяет выдавать необходимые дозы корма животным и управлять электроприводом исполнительного механизма раздачи жидких кормов с возможностью регулирования частоты вращения. Расчет минимальной производительности линии раздачи кормов производится в дополнительном модуле компьютера управления. Входы дополнительного модуля соединены с датчиками наличия корма в кормушках и выходами модуля расчета плановых доз кормления, а его выход соединен с входом управления частотой вращения электропривода линии раздачи жидкого корма животным.

Особенно актуальным является использование интеллектуального управления в условиях круглосуточного многоразового кормления свиней (при реализации технологии «кормления вволю»). При данной технологии наблюдается до 14-кратного кормления животных за сутки со значительными отклонениями в объемах раздаваемого корма. Для количественной оценки реального энергосбережения при использовании интеллектуального управления линией раздачи жидких кормов был проведен мониторинг раздачи кормов свиньям в условиях участка откорма свиного комплекса «Восходящая Заря» Брестской области. Экспериментальные данные по необходимым объемам замеса корма и времени работы оборудования для приготовления и раздачи жидкого корма в цехе откорма свиного комплекса за 1 день кормления представлены в табл. 1.

По принятой технологии на одно кормление допускается время до 1800 с. Поскольку во всех контрольных замерах время было значительно меньше, получаем, что можно уменьшить производительность, соответственно увеличив время кормления и доведя его до 1800 с. Как показывают расчеты, в рассмотренных опытах в среднем можно снизить производительность на 34 %, что позволит сэкономить в среднем до 56 % электроэнергии. Таким образом, в силу значительных колебаний в объемах потребляе-

мого корма, имеется возможность снижения производительности оборудования и соответствующего снижения затрат электроэнергии.

### Заключение

В работе предложен способ снижения затрат электроэнергии на привод насоса для раздачи жидких кормов путем уменьшения частоты вращения электропривода, что приводит к снижению производительности оборудования при сохранении постоянным суммарного времени раздачи жидких кормов свиньям. Использование данного способа позволяет выбирать минимальную производительность оборудования линии раздачи жидких кормов на основании данных, получаемых с модуля расчета доз кормления и сигналов с датчиков наличия корма в кормушках. Выбор минимальной производительности оборудования раздачи жидкого корма, позволяет экономить от 30 до 80 % затрат электроэнергии. Программно-техническое решение защищено патентом [5].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гируцкий, И.И. Поточно-механизированные линии с микропроцессорным управлением для откорма свиней: автореф. ... дис. докт. техн. наук: 052001 / И.И. Гируцкий; Москва, ФГОУ ВПО «МГАУ». – М., 2008. – 36 с.
2. Боченков, Д.А. Энергосберегающее регулирование режима работы главных водоотливных установок шахт и рудников средствами электропривода: автореф. ... дис. канд. техн. наук / Д.А. Боченков. – Новочеркасск, 2010. – 19 с.
3. Остренко, С.А. Гидравлика, гидропривод, гидравлические и пневматические системы / С.А. Остренко [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: [http://abc.vvsu.ru/Books/1\\_gidrosys/page0001.asp/](http://abc.vvsu.ru/Books/1_gidrosys/page0001.asp/). – Дата доступа: 10.03.2014.
4. Грек, Ф. З. Расчет сопротивления движению гидросмесей по трубопроводу / Ф.З. Грек, В.С. Захаревич // Механизация и Электрификация сельского хозяйства, 1987. – № 2. – С. 43-44.
5. Автоматизированная система для откорма свиней: пат. 7909 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) А 01К 1/02 / И.И. Гируцкий, А.А. Жур, С.В. Крылов, В.Ф. Марышев.

**Таблица 1. Исходные данные и расчетные значения**

Номер кормления	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Среднее значение
Объем корма $V$ , кг	1177	1441	2090	1650	979	913	1793	1851	1958	
Время кормления $t$ , сек	950	1010	1477	1220	840	806	1267	1344	1404	
Производительность $Q = \frac{V}{t}$ , кг/с	1,239	1,427	1,415	1,352	1,165	1,133	1,415	1,377	1,395	1,335
Минимальная производительность $Q_{min} = \frac{V}{1800}$ , кг/с	0,654	0,801	1,161	0,917	0,544	0,507	0,996	1,028	1,088	0,88
Снижение производительности, %	47,2	43,9	18	32	53,3	55	29,6	25,4	22	34,1
Экономия электроэнергии, %	72,1	68,5	32,7	54,1	78,2	79,9	50,5	44,2	39,2	55,9