

8. Кулаков, Г.Т. Сравнительные исследования методов оптимизации пропорционально-интегральных и пропорционально-интегрально-дифференциальных регуляторов для объектов без самовывравнивания / Г.Т. Кулаков, А.Т. Кулаков, А.Н. Кухоренко // Материалы 12-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике»: В 4-х т. Т. 1. – Минск: БНТУ, 2014. – С. 242–243.

9. Aidan, O'Dwyer. Handbook of PI and PID Controller Tuning Rules / O'Dwyer Aidan. – 3rd Edition. – Dublin: Institute of Technology; Ireland, Imperial College Press, 2009. – 529 p.

10. Тимофеев, В.А. Инженерные методы расчета и исследования динамических систем // В.А. Тимофеев. – Л.: «Энергия», 1975. – 320 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО НАСОСА ПРИ РАЗДАЧЕ ЖИДКИХ КОРМОВ В СВИНАРНИКЕ

Матвейчук Н.М., к.ф.-м.н., Сеньков А.Г., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, РБ

В данной работе решается задача по снижению энергозатрат в технологическом процессе раздачи жидких кормов на свиноводческих комплексах за счет оптимального управления мощностью и производительностью насоса, подающего жидкий корм в трубопровод, в зависимости от расстояния до станка, суммарного объема выдаваемого корма и его распределения по станкам. Оптимизация процесса кормораздачи позволяет снизить установленную мощность кормораздаточного насоса и снизить энергозатраты на однократную раздачу корма на 10%.

Разработка математической модели а

Производительность линии раздачи жидких кормов на свиноводческом комплексе должна обеспечивать кормление заданного поголовья свиней в соответствии с технологическими требованиями (общее время кормораздачи не должно превышать t_{max}). Основным потребителем электрической энергии в технологической линии для раздачи жидких кормов является центробежный насос [1]. Развиваемый центробежным насосом гидростатический напор H ,

затрачиваемый на преодоление жидким кормом сопротивления кормопровода, зависит от мощности электродвигателя насоса P , кВт и определяет значение производительности насоса Q , л./с., т.е. скорость раздачи корма. При этом, как показывают экспериментальные данные [2], основной составляющей потерь напора, а следовательно, и потерь энергии на электропривод насоса, являются потери на перемещение жидкого корма по трубопроводу, которые, в свою очередь, зависят от влажности раздаваемого корма W , %. Таким образом,

$$P = P(Q, W).$$

Теоретическое определение данной зависимости весьма затруднительно, так как при этом следует учитывать множество факторов, таких, как скорость движения кормосмеси по кормопроводу, геометрические размеры кормопровода, влажность кормосмеси и т.д. Поэтому в рамках данного исследования зависимость мощности электродвигателя насоса P от представляющих практическое значение параметров – производительности насоса Q и влажности раздаваемой кормосмеси W – определялась на основе экспериментальных данных [2], представленных в следующей таблице 1 и на рис. 1.

Таблица 1: Экспериментальные данные зависимости мощности электродвигателя насоса P от производительности насоса Q и влажности корма W .

Влажность кормосмеси W , %							
85.9	Q , л./с.	1.28	1.52	2.25	2.98	3.63	3.79
	P , кВт	0.8	1.2	1.6	2.3	3.4	4.2
84	Q , л./с.	1.32	1.69	2.33	2.96	3.41	3.82
	P , кВт	0.6	1	1.6	2.3	3.3	4.3
82.5	Q , л./с.	1.11	1.74	2.28	2.63	3.28	3.56
	P , кВт	0.6	1.1	1.6	2.4	3.4	4.3
80	Q , л./с.	0.93	1.32	1.51	1.94	2.82	3.37
	P , кВт	0.68	1.1	1.6	2.4	3.3	4.3
78.6	Q , л./с.	0.44	0.71	0.92	1.11	1.47	2.03
	P , кВт	0.7	1.1	1.7	2.4	3.3	4.3
77	Q , л./с.	0.28	0.53	0.85	1.1	1.2	1.33
	P , кВт	0.7	1.2	1.8	2.6	3.5	4.4

Исходя из графического представления экспериментальных данных (рис. 1), был выбран следующий вид функциональной зависимости $P = P(Q, W)$:

$$P = l \cdot K_0 \cdot Q^\gamma \cdot e^{\alpha \cdot W},$$

где l – длина кормопровода, м;

K_0, γ, α – аппроксимационные коэффициенты.

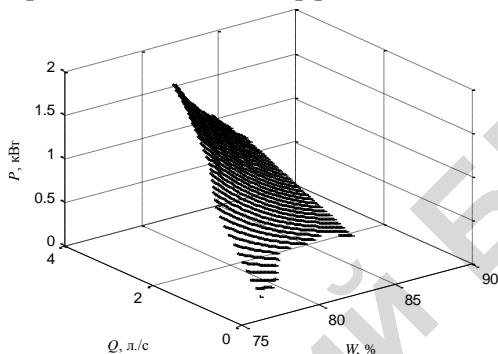


Рис. 1. Графическая зависимость $P = P(Q, W)$, полученная на основе экспериментальных данных

Так как значение влажности кормосмеси W определяется зоотехническими требованиями, то практический интерес представляет аппроксимация зависимости мощности двигателя насоса P от его производительности Q при постоянном значении влажности кормосмеси:

$$P_{W=const} = l \cdot K_0(W) \cdot Q^\gamma,$$

где значения коэффициентов K_0 для различных значений влажности кормосмеси 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 (3).

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

Таким образом, добиться снижения энергозатрат при раздаче корма возможно путем регулирования мощности электродвигателя насоса P и его производительности Q в процессе раздачи корма с учетом ограничения на время раздачи, которое не должно превышать максимально допустимое время t_{\max} , предусмотренного технологическими требованиями.

В работе [3] получено, что для минимизации энергозатрат на раздачу корма электродвигатель насоса должен работать с постоянной мощностью, значение которой определяется по формуле:

$$P^* = t_{\max}^{-\gamma} \cdot K_0 \cdot \left(\sum_{i=1}^N V_i \cdot l_i^{\gamma} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

где V_i – объем корма, который необходимо выдать в i -ю кормушку, $i = 1, \dots, N$, л.;

l_i – расстояние от насоса до i -й кормушки, $i = 1, \dots, N$, м.

При этом энергозатраты на раздачу всего требуемого корма могут быть оценены по формуле:

$$E_{\Sigma}^* = P^* \cdot t_{\max}$$

Оценка эффективности оптимизации энергозатрат

Практический интерес в данном случае представляет оценка сокращения энергозатрат при изменении влажности и объема раздаваемой кормосмеси, так как эти параметры определяются зоотехническими требованиями и могут изменяться в зависимости от возраста, массы, суточных привесов и других особенностей выращиваемых животных.

В качестве исходных данных для количественного расчета примем следующие:

$N = 24$ – число станков, в которые раздается корм;

$l_0 = 30$ м – расстояние от насоса до первого станка;

$l = 4$ м – расстояние между соседними станками;

$V_{\min} = 500$ л – минимальный суммарный объем раздаваемого корма;

$V_{\max} = 5000$ л – максимальный суммарный объем раздаваемого корма;

$t_{\max} = 30$ мин – максимальная продолжительность кормораздачи;

$W_{\min} = 77\%$ – минимальная влажность раздаваемой кормосмеси;

$W_{\max} = 85.9\%$ – максимальная влажность раздаваемой кормосмеси.

В качестве базового варианта примем мощность электродвигателя насоса, при постоянном значении которой максимальный объ-

ем корма $V_{\max} = 5000$ л при влажности $W_{\min} = 77\%$ раздается равномерными порциями в $N = 24$ станков за максимально допустимое время $t_{\max} = 30$ мин.:

$$P_{\text{ref}} = t_{\max}^{-Y(W=77\%)} \cdot K_0(W=77\%) \cdot \left(\sum_{i=1}^N \frac{V_{\max}}{N} \cdot l_i^{Y(W=77\%)} \right)^{Y(W=77\%)}$$

Подставив указанные числовые данные, получим:

$$P_{\text{ref}} \approx 5 \text{ кВт.}$$

В базовом варианте оценки энергозатрат предполагается, что мощность электродвигателя насоса не изменяется в зависимости от влажности и объема раздаваемой кормосмеси, а имеет постоянное значение, равное P_{ref} .

Расчитанная зависимость сокращения энергозатрат при изменении влажности кормосмеси показана на рис. 2, а при изменении суммарного выдаваемого объема кормосмеси – на рис. 3.

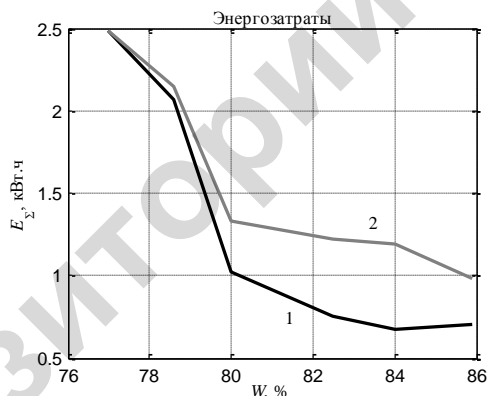


Рис. 2. Сравнение энергозатрат на кормораздачу для кормов с различной влажностью при оптимизации мощности электродвигателя насоса (кривая 1) и без оптимизации (кривая 2)

Таким образом, как видно из рис. 2, 3, в результате регулирования мощности электродвигателя насоса и его производительности предложенным способом в зависимости от влажности, объема кормосмеси и с учетом геометрических параметров трубопровода и асположения станков можно ожидать сокращения энергозатрат на кормораздачу в среднем до 10%.

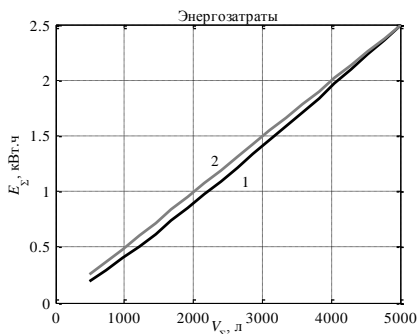


Рис. 3. Сравнение энергозатрат на кормораздачу в зависимости от суммарного объема раздаваемого корма (влажностью $W = 80\%$) при оптимизации мощности электродвигателя насоса (кривая 1) и без оптимизации (кривая 2)

Литература

1. 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.

2. Гируцкий И.И. Поточно-механизированные линии с микропроцессорным управлением для корма свиней: автореф. дис. докт. техн. наук 052001 / И.И. Гируцкий; Москва, ФГОУ НИИ «МГАУ». – М., 2008. – 36 с.

3. Гируцкий, И.И. Оптимизация производительности кормораздаточной установки / И.И. Гируцкий, А.А. Жур, Н.М. Матвейчук, А.Г. Сеньков // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в производстве сельскохозяйственной продукции», Минск, БГАТУ, 2–3 июня 2015 г.

ПРИНЦИПЫ ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Гируцкий И.И., д.т.н., доцент.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, РБ

Современный этап общественного развития характеризуется движением в направлении информационного общества – динамич-