

Как видно из приведенных диаграмм, СУ значительно снижает несимметрию напряжений. Так, в режиме несимметрии № 1 без СУ K_{2U} составлял 3,04 %, с включенным СУ с числом витков, равным 90, он стал 1,18 %. Коэффициент несимметрии по нулевой последовательности K_{0U} – соответственно 3,17 % и 1,17 %.

Число витков в СУ также влияет на симметрирующую способность устройства. В табл. 3 приведены значения коэффициентов несимметрии напряжений в зависимости от режима нагрузки без СУ и с ним в зависимости от числа витков в устройстве.

Таблица 3. Зависимость коэффициентов несимметрии напряжений от режима нагрузки без СУ и с ним от числа витков

Режим	W , шт	I_a , А	I_b , А	I_c , А	K_{2U} , %	K_{0U} , %
без СУ	-	13,8	2,3	1,5	3,04	3,12
с СУ	30	8,7	2,4	2,1	1,8	2,83
с СУ	60	5,9	2,9	2,3	1,47	1,51
с СУ	90	4,5	2,9	2,5	1,18	1,17

Число витков в СУ влияет на симметрирующую способность устройства. Однако при числе витков 90 и более происходит насыщение железа и симметрирующая способность устройства снижается.

Выводы

Новое симметрирующее устройство автоматически перераспределяет нагрузки по фазам. Это приводит к улучшению не только коэффициента несимметрии по нулевой последовательности, но и коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство для симметрирования напряжения при несимметричной нагрузке фаз: пат. 16121 Респ. Беларусь / Г.И. Янукович и др. 27.09.2010.
2. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 13109-97 . – Введ. 08.01.1999. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 31 с.

УДК 658.52.012.011.56:631.22.014

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 10.04.2014

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЗАТРАТ НА РАЗДАЧУ ЖИДКИХ КОРМОВ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ СВИНЬЯМ

И.И. Гируцкий, докт. техн. наук, доцент, А.А. Жур, ст. преподаватель, А.Г. Сеньков, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ)

Аннотация

В статье рассматривается вопрос снижения энергозатрат в процессе раздачи жидких кормов в свиноматке.

This article addresses the issue of reducing power consumption in the technological process of distribution liquid feeds in a pigsty.

Введение

Жидкое кормление обеспечивает высокую эффективность откорма свиней [1]. Жидкий корм представляет собой смесь полнорационного комбикорма и воды в различной пропорции, от которой зависит конечная влажность жидкого корма. При этом система управления оборудованием для приготовления и раздачи жидких кормов должна обеспечивать выдачу запланированных доз корма при минимальных затратах энергии за ограниченный промежуток времени в соответствии с принятой технологией.

Основная часть

Система взаимосвязанных уравнений, описывающих выполнение данных условий, может быть представлена в следующем виде:

$$\Delta D_i = \int_0^{t_i} Q(t) \cdot dt - D_i^3; \tag{1}$$

$$|\Delta D_i| \leq A_{3AD},$$

$$\Theta = \sum_{i=1}^n \Theta_i (D_i, Q_i, W) \rightarrow \min, \tag{2}$$

$$T = \sum_{i=1}^n t_i \leq T_{\text{зад}}, \tag{3}$$

где ΔD_i – отклонение фактической дозы корма в i -й станок от запланированной;
 D_i^3 – запланированная доза корма в i -й станок, л;
 $A_{\text{зад}}$ – допустимая погрешность выдачи дозы, л;
 $Q_i(t)$ – производительность линии раздачи корма, м³/с;
 t_i – время выдачи корма в i -й станок, с;
 W – влажность жидкого корма, %;
 Θ_i – суммарные энергозатраты на выдачу дозы корма в i -й станок за время t_i ;
 Θ – суммарные энергозатраты на выдачу корма во все станки за время T , с;
 $T_{\text{зад}}$ – проектное время кормления, с;
 T – текущее время кормления, с.
 Выполнение условий выражений (1) и (3) должно обеспечиваться алгоритмом управления в соответствии

с зоотехническими и технологическими требованиями. Снижение энергозатрат по выражению (2) на раздачу жидкого корма позволит снизить себестоимость производства свинины и повысить конкурентоспособность свиноводческих комплексов Республики Беларусь.

Рассмотрим влияние влажности жидкого корма и производительности оборудования на суммарные энергозатраты на выдачу корма животным.

Мощность, необходимая для транспортировки жидкого корма, определяется по известной формуле [2]:

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

где Q – текущий расход жидкого кома, $\text{м}^3/\text{с}$,

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

H – развиваемый напор, м;

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

η – КПД насосной установки.

При этом напор, затрачиваемый на преодоление сопротивления кормопровода, равен

$$H = H_{\text{ж.к.}} + H_M + H_h, \quad (5)$$

где $H_{\text{ж.к.}}$ – потери напора на перемещение жидкого корма,

H_M – потери напора на местные сопротивления,

H_h – потери напора на подъем кормосмеси.

Основной составляющей в выражении (5) являются потери напора на перемещение жидкого корма, при условии малых величин потерь напора на местное сопротивление и потерь напора на подъем кормосмеси. Поэтому в рамках данных исследований ограничимся рассмотрением только этой составляющей.

Хотя жидкие кормовые смеси и относятся к ньютоновским жидкостям, однако для практически значимого диапазона влажности жидкого корма можно для оценки потерь напора в кормопроводе использовать формулу Дарси-Вейсбаха, применение которой для данного случая было обосновано ранее [3]:

$$H = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}, \quad (6)$$

где λ – безразмерный коэффициент гидравлического сопротивления;

l – длина кормопровода, м;

d – диаметр кормопровода, м;

v – скорость транспортировки кормосмеси, $\text{м}/\text{с}$;

Тогда, после подстановки выражения (6) в формулу (4), получим зависимость мощности, необходимой для транспортировки жидкого корма от его влажности, скорости движения и параметров кормопровода:

$$N = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{l \cdot \rho}{d} \cdot \frac{Q \cdot v^2}{2} \cdot \lambda. \quad (7)$$

Анализ формулы (7) показывает, что для постоянных параметров кормопровода необходимая мощность на привод кормового насоса определяется скоростью движения кормовой смеси и коэффициентом гидравлического сопротивления.

Суммарные энергозатраты на выдачу запланированной в i -ю кормушку дозы D_i , равны

$$\mathcal{E}_i = \int_0^{t_i} N_i(t) \cdot dt, \quad (8)$$

где t_i – время на выдачу i -ой дозы.

При любой влажности жидкого корма необходимо обеспечить выдачу запланированной дозы сухого вещества животным. При этом масса сухого вещества $m^{\text{сх}}$, содержащегося в объеме жидкого корма V , при влажности W равна

$$m^{\text{сх}} = m \cdot \left(1 - \frac{W}{100}\right) = \rho \cdot V \cdot \left(1 - \frac{W}{100}\right), \quad (9)$$

где m – масса жидкого корма, кг.

Необходимый объем жидкого корма определяется

$$V = Q \cdot t. \quad (10)$$

Время на выдачу корма в i -ю кормушку зависит от плановой массы сухого вещества, влажности жидкого корма и при постоянной производительности оборудования определяется с учетом выражений (9) и (10) следующим образом:

$$t_i = \frac{m^{\text{сх}}}{\rho \cdot Q_i \cdot \left(1 - \frac{W}{100}\right)}, \quad (11)$$

Таким образом, энергозатраты на транспортировку необходимой дозы корма в кормушку представляют собой сложный функционал. С одной стороны, при увеличении скорости движения жидкости (производительности оборудования) значительно возрастает мощность на привод насоса, но уменьшается необходимое для транспортировки кормосмеси время. Таким же двояким образом влияет и влажность кормосмеси. Увеличение влажности кормосмеси, с одной стороны, снижает коэффициент гидравлического сопротивления и необходимую для привода кормового насоса мощность, а с другой стороны – увеличивает объем жидкого корма, необходимый для выдачи запланированного количества сухого вещества.

Проанализируем влияние влажности жидкого корма и скорости его движения по кормопроводу различных диаметров на энергозатраты, связанные с кормлением животных.

Для проведения численных расчетов по зависимости (8), с учетом выражений (7) и (11), необходимо идентифицировать связь коэффициента гидравлического сопротивления с влажностью кормосмеси и параметрами кормопровода. Для этого воспользуемся результатами экспериментальных исследований движения с разной скоростью кормосмеси различной влажности по кормопроводу различных диаметров [3] с аппроксимацией в сторону более высоких значений влажности жидкого корма.

Определенный методом множественной регрессии коэффициент гидравлического сопротивления λ зависит от влажности жидкого корма, скорости его движения и диаметра кормопровода [3]. Следующее выражение (12) удовлетворительно описывает эту зависимость в практически значимом диапазоне влажности и скорости движения жидкого корма:

$$\lambda = 0.03 + \frac{0.086}{v \cdot d} \cdot e^{-0.45 \cdot (W-81)} \quad (12)$$

После подстановки выражений (7), (11) в зависимость (8), получим, что суммарные энергозатраты на выдачу i -ой дозы жидкого корма при постоянной производительности оборудования равны

$$\mathcal{E}_i = \frac{m_i^{сух} \cdot l_i}{\eta \cdot d} \cdot \left(0,03 + \frac{0,086}{v \cdot d} \cdot e^{-0,45 \cdot (W-81)} \right) \cdot \frac{v^2}{\left(1 - \frac{W}{100} \right)^2} \quad (13)$$

где l_i – расстояние до i -й кормушки;
 $m_i^{сух}$ – масса сухого вещества дозы корма, выдаваемого в i -ю кормушку.

Результаты моделирования выражения (13) в среде MatLab (рис. 1) показывают, что минимум энергозатрат на транспортировку жидкого корма достигается при его влажности около 90 % и сдвигается в сторону более низких значений влажности жидкого корма при увеличении скорости движения по кормопроводу.

Заключение

Оптимизация влажности жидкого корма позволяет существенно снизить энергоемкость раздачи жидких кормов свиньям. Результаты исследований позволяют, с учетом зоотехнических требований, обоснованно подходить к выбору параметров кормораздаточного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гируцкий, И.И. Поточно-механизированные линии с микропроцессорным управлением для от-

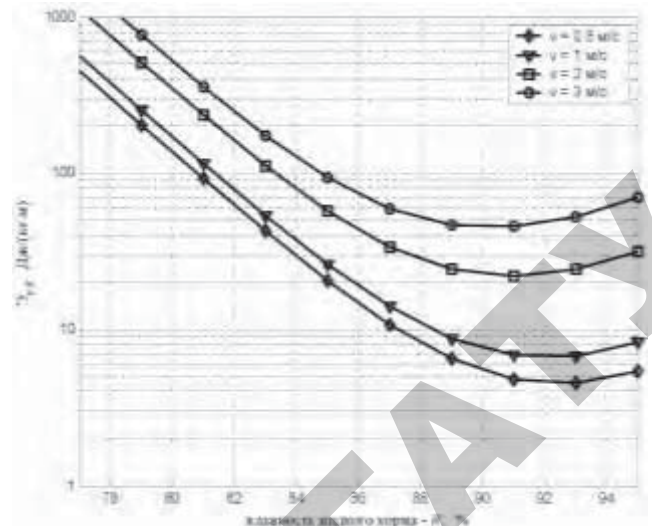


Рисунок 1. Зависимость удельных энергозатрат на транспортировку от влажности жидкого корма при различных режимах работы насоса; диаметр трубопровода $d = 0.05$ м

корма свиней: автореф. ... дис. докт. техн. наук / И.И. Гируцкий; ФГОУ ВПО МГАУ. – Москва, 2008. – 36 с.

2. Остренко, С.А. Гидравлика, гидропривод, гидравлические и пневматические системы / С.А. Остренко [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: http://abc.vvsu.ru/Books/l_gidrosys/page0001.asp/. – Дата доступа: 7.07.14.

3. 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.

4. Руководство по эксплуатации оборудования для жидкого кормления свиней MC99NT 11 P60X/ Big Dutchman, издание: 11/2005, M1612RUS.

“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

Журнал выходит раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.

Стоимость подписки на второе полугодие 2014 года: для индивидуальных подписчиков - 106 650 руб., ведомственная подписка - 148 818 руб.