

УДК: 631.22.018

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОЧИСТКОЙ СТАНКОВ И УДАЛЕНИЕМ ЭКСКРЕМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИИ О ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ РИТМЕ СВИНЕЙ

В.С. Ионин ,инженер

Эффективность свиноводства обусловливается не только факторами кормления и уровнем селекционной работы, но и условиями содержания, которые в свою очередь зависят от чистоты станков и способов удаления навоза. Удаление навоза - один из самых трудоемких процессов в свиноводстве. При бесподстилочном содержании животных на щелевых полах, наиболее рациональными являются гидравлические способы удаления навоза, среди которых предпочтение отдается удалению экскрементов самотеком. Это позволяет сократить приведенные затраты и расход воды в расчете на одно животное, что способствует более эффективному удалению навоза с территории ферм. При всех достоинствах данной системы она имеет существенный недостаток: контроль за ее работой осуществляется оператором визуально, что увеличивает затраты ручного труда и ведет к необоснованному расходу воды для повышения надежности системы. Избыточное количество воды приводит к заиливанию сплавных каналов, повышению затрат на восстановление их работоспособности, ухудшению зоогигиенических условий в помещениях. Существенно повысить надежность системы, сократив затраты труда и средств на ее эксплуатацию, можно применив автоматические методы контроля и управления ее работой. Целью исследований являлась разработка системы автоматического управления процессом самотранспортирования навоза в свиноводческих помещениях.

Технологический процесс удаления навоза из животноводческого помещения включает в себя уборку станков от экскрементов, сброс их в поперечные каналы через щелевой пол (решетки), самотранспортирование навоза по этим каналам, расположенным под станками с животными, и последую-

щее удаление навоза из помещения через продольные самотечные каналы. Определяющим в нем является самотранспортирование навоза в поперечных каналах. Задачей этого этапа является надежное функционирование канала при отсутствии превышения навозом предельно допустимого (в соответствии с зоогигиеническими требованиями) уровня навоза в канале. Это может быть достигнуто за счет управления значениями реологических характеристик навоза в канале или, переходя к относительной влажности, - его влажностью. При уборке навоза в станках и продавливании его через щелевые полы в поперечные каналы основной задачей является создание смеси экскрементов с требуемыми значениями реологических характеристик (влажности).

Использование в технических системах информации о биологических объектах позволяет решать поставленные задачи с минимальным воздействием на животное. Получение адекватного математического описания биологических объектов, являющихся нестационарными нелинейными многомерными объектами со многими внутренними обратными связями с помощью аналитических выражений не представляется возможным ввиду сложности их организма. Применение общих методов описания объектов в теории управления позволяет представить биологический объект во всем многообразии его внутренней структуры функциональной схемой, приведенной на рис 1.

На входе объекта действует векторная переменная

$$\vec{x}(t) = [X_1(t), \dots, X_n(t)] ,$$

где $X_1(t), \dots, X_n(t)$ - составляющие стохастической случайной $\ddot{Y}(t)$ функции: технологические факторы, показатели внешней среды, различные возмущающие воздействия на животных и т.д.,

а на выходе - векторная переменная

$$\ddot{Y}(t) = [Y_1(t), \dots, Y_m(t)]$$

где $Y_1(t), \dots, Y_m(t)$ - составляющие: $\ddot{Y}(t)$, различные морфологические, физические и другие показатели жизнедеятельности животного (его гомеостаз).

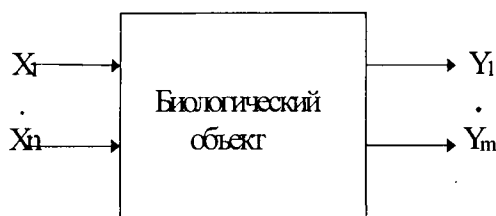


Рис. 1. Функциональная схема биологического объекта

Исследование дефекации свиней проводили на экспериментальной базе БелНИИЖ Заречье, Смолевичского района Минской области совместно с сотрудниками лаборатории зоогигиены. На характер изучаемой составляющей (времени наступления и суточного количества дефекаций) могут оказывать влияние различные технологические факторы. Часть из них может быть зафиксирована с помощью системы микроклимата. В связи с этим в качестве варьируемых факторов были выбраны рацион и кратность кормления, оказывающие существенное влияние на секреторную и моторную работу всего желудочно-кишечного тракта. Для проведения исследований были выделены две группы свиней, контрольная и опытная, по пять животных массой от 90 до 100 кг в каждой. Рационы и кратность кормления, составленные сотрудниками БелНИИЖ с учетом равенства кормовых единиц и протеина, были характерны для промышленных комплексов РБ. Для контрольной группы он состоял из влажной мешанки, включающей, кроме концентратов, и местные корма, для опытной - этот же рацион или сухие концентрированные корма с добавлением воды в кормушки.

Анализ экспериментальных данных (времени дефекации свиней) дал основание отнести рассматриваемый процесс к классу нестационарных. Однако, для целей измерения и анализа часто удается "вынудить" нестационарный процесс по крайней

мере к кусочно-стационарному поведению. В нашем случае к детерминированным факторам в рассматриваемом нестационарном процессе отнесли кратность и время кормления животных. Так, при двукратном кормлении дефекации свиней, в основном, наблюдались в двух, а при трехкратном - уже в трех интервалах, близких к времени кормления. Оценка существенности связи между временем кормления и временем дефекации (ближайшей к этому кормлению) показала наличие существования тесной статистической связи между этими величинами (значение коэффициента корреляции составило: для контрольной группы - 0,961, для опытной - 0,942 при двукратном кормлении и - 0,954 при трехкратном. Оценка достоверности полученных выборочных коэффициентов корреляции для общих выборок, проведенная с использованием известной методики Фишера, путем замены величины r величиной z , показала, что данные значения r следует признать достоверными. Учитывая тесную корреляционную связь времени дефекации с временем кормления, при обработке статистического материала перешли от абсолютного времени дефекации T_d к его отклонению (ΔT) от ближайшего времени кормления животного: $\Delta T = T_d - T_k$. При этом было сделано еще одно допущение. Дефекации во время кормления проводятся крайне редко, поэтому в реальности во временном интервале, близком времени кормления, должно наблюдаться два распределения дефекаций (до и после кормления). Однако, учитывая непродолжительность кормления, для удобства описания объединили два распределения в одно, исключив время кормления в рассматриваемой картине дефекации свиней. Оценка влияния фактора утреннего и вечернего кормлений на дефекации свиней в контрольной группе показала, что гипотеза о том, что эти выборки происходят из одной генеральной совокупности, не может быть отвергнута. Следовательно фактор утреннего и вечернего кормлений не влияет на распределение относительного времени дефекации свиней. Это позволило объединить экспериментальный материал для опытной группы. Подобный же вывод был сделан относительно влияния на дефекации свиней рациона кормления. Для нахождения вида закона распределения относительного времени дефекации свиней опытной группы проверили нулевую гипотезу о нормальном законе распределения этой случайной величины. Проверку "согласия" проводили по общепринятой методике с применением критерия Пирсона χ^2 (приняв значение уровня значимости $\alpha = 0,05$) с использованием эмпирической функции распределения с определением значений середин интервалов и точечных оценок математического ожидания и среднего квадратического отклонения нормально распределенной случайной величины

ны [1]. Вычисленное значение X^2 получилось меньше табличного значения X^2 для соответствующих значений уровня значимости и степеней свободы, что дало основание считать необоснованным отклонение гипотезы о нормальном законе распределения этой случайной величины ($X^2_{набл} = 9,905 < X^2_{крит} = 22,362$ для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $\nu = \kappa - r - 1 = 16 - 2 - 1 = 13$).

Критерием выбора параметров электрических импульсов (ЭИ), для управления с их помощью перемещением животных, было минимальное внешнее воздействие ЭИ на организм животного, при котором животное начинало реагировать на них. Степень их воздействия на организм животного изучали при изменении основных параметров импульсов - амплитуды напряжения (от 0 до 40 В) и частоты (от 20 Гц до 200 кГц). Оценку степени их воздействия на организм свиней оценивали, с учетом рекомендаций сотрудников лаборатории зооигиены БелНИИЖ, по двум показателям: количественному, в качестве которого было выбрано относительное изменение частоты сердечных сокращений животного, и качественному, в качестве которого было взято изменение поведения животного. При исследовании применяли измеритель частоты сердечных сокращений (ЧСС), разработанный сотрудниками экспериментальной лаборатории Белорусского Государственного института физической культуры, генератор импульсов ГЗ 33 с диапазоном рабочей частоты 20...200000 Гц и самописец Н-320. Результаты исследований показали, что наблюдается три области с различным поведением животных. В первой области у животного не наблюдалось изменения в его поведении. Эта область характеризуется изменением напряжения от 15 до 33 В при соответствующем изменении частоты от 200 Гц до 140 кГц. При увеличении амплитуды до 27 В при частоте 200 Гц и до 40 В при частоте 60 кГц у животных наблюдалось небольшое беспокойство, выражающееся в подрагивании мышц (вторая область). При дальнейшем увеличении амплитуды напряжения ЭИ, воздействующих на животное, у него отмечался испуг, животное переставало есть, начинало искать источник беспокойства (третья область).

Самотечный канал представили в виде открытой емкости со свободным уровнем "жидкости", из которой она свободно вытекает в атмосферу (рис. 2).

При составлении аналитического описания аналогичных объектов обычно используют запись уравнения материального баланса в виде [2]:

$$\sum_0^n G_i(t) = \sum_0^n \Delta G_i(t),$$

где $G_i(t)$ - мгновенное значение весового расхода i -го вещества; $\Delta G_i(t)$ - мгновенное значение увеличения количества i -го вещества, находящегося в объекте

Представив уравнение динамики канала в виде

$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{[q_n(t) - q_c(t)]l}{s},$$

где $h(t)$ - уровень навоза в канале; l - длина канала; s - площадь горизонтального сечения канала; и разложив нелинейные функции $q_n(t)$ и $q_c(t)$ в ряд Тейлора, ограничившись линейными членами разложения, выделив в изменении уровня навоза в канале две независимые друг от друга составляющие [за счет изменения $q_n(t)$] и Δh_2 (за счет изменения реологических характеристик поступающих в канал экскрементов и находящихся там) и применив принцип суперпозиции, получили условие его функционирования (стабилизации уровня навоза) в виде системы уравнений (1) или (2):

$$\begin{cases} q_n = q_c \\ \tau_{on} = \tau_{oc} \\ \eta_n = \eta_c \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} q_n = q_n \\ w_n = w_c \end{cases}, \quad (2)$$

где w_n и w_c - влажность экскрементов поступающих в канал и находящихся в нем (вытекающих из него).

Из этой системы видно, что необходимым условием для обеспечения стабильности уровня навоза в канале является не только равенство притока экскрементов в канал и их стока ($q_n = q_c$), что приводилось исследователями до нас, но и в обязательном порядке необходимо равенство реологических характеристик у поступающих в канал экскрементов (τ_{on} и η_n) и у находящихся там (τ_{oc} и η_c). В общем случае имеет место их неравенство:

$$\begin{cases} q_n \neq q_c; \\ \tau_{on} \neq \tau_{oc}; \\ \eta_n \neq \eta_c. \end{cases}$$

Переписав последнее условие в виде:

$$\begin{cases} q_n \neq q_c; \\ w_n \neq w_c. \end{cases}$$

получаем доказательство необходимости введения управляющего воздействия для стабилизации уровня навоза в канале. В этом случае условие функционирования канала можно записать в виде:

$$\begin{cases} q_c + \Delta q_g = q'_c \\ W'_n = W'_c \end{cases},$$

где Δq_g - управляющее воздействие экскрементов в канале подачей в него воды),

$w'_n \cdot w'_c \Delta q'_c$, - значения W_n , и $W_c \Delta q$ по-

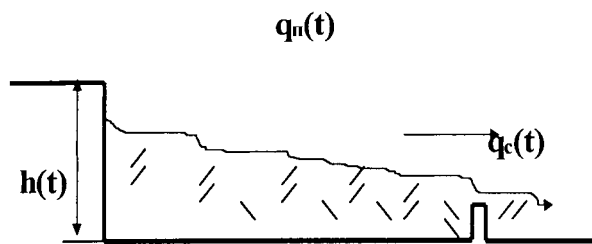


Рис.2. Схема работы самотечного канала, $h(t)$ - уровень навоза в канале, $q_n(t)$ - приток экскрементов в канал, $q_c(t)$ - сток навоза из канала

сле приложения управляющего воздействия

В последнем выражении стоит Δq_i , потому что практический смысл имеет отсутствие превышения заданного допустимого значения.

Получены передаточные функции канала по возмущающим $[W_{xi}(p)]$ и управляющим $[W_h(p)$ и $W_w(p)]$ воздействиям:

$$W_{xi} = \frac{k_i}{T_i p + 1};$$

$$W_h(p) = \frac{K_h(T_3 p + 1)}{T_2 p^2 + T_1 p + 1};$$

$$W_w(p) = \frac{K_w}{T_4 p + 1},$$

где W_{xi} , k_i , T_i - значения передаточной функции, коэффициента передачи и постоянной времени для i -го возмущения;

$W_h(p)$, $W_w(p)$ и K_h , K_w - передаточные функции и коэффициенты передачи по уровню и влажности, T_1 , T_2 , T_3 и T_4 - постоянные времени.

С помощью метода физического моделирования на модели канала получены значения постоянной времени в зависимости от влажности экскрементов.

Была исследована зависимость полного электрического сопротивления экскрементов свиней и его составляющих (активной и реактивной) от варьируемых факторов (частоты тока датчика, влажности экскрементов, соотношения воды и мочи в их жидкой фракции). Зависимость полного тока датчика при соотношении воды в моче от 0 до 50% дала погрешность не более 1% [3].

С учетом результатов исследований построенная система автоматического управления проведением дефекации свиней в отведенной для этого зоне станка (САУ ОС) и удалением экскрементов (САУ

УЭ) были использованы результаты исследований. САУ ОС перемещает животное в зону станка, отведенную для проведения в ней дефекаций, в моменты времени для которых вероятность проведения животным дефекации больше заданной, а САУ УЭ - поддерживает влажность и уровень экскрементов в канале в требуемых для ее надежного функционирования значениях. САУ защищены авторскими свидетельствами [4. 5].

Разработанные системы автоматического управления очисткой станков и удалением экскрементов позволили сократить расход воды на 15-30%, уменьшить затраты ручного труда на уборку станков в среднем на 25% и уменьшить затраты на транспортирование навоза с территории ферм в 1,2 раза.

Литература

1. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Мн.: "Высшая школа", 1973.
2. Ордынцев В.М. Математическое описание объектов автоматизации.-М.: Машиностроение, 1965. -360 с.
3. Ионин В.С. К вопросу исследования электрофизических свойств свиного навоза. Сборн. науч. раб. асп.- Минск (ЦНИИМЭСХ), 1978. -С. 155-159.
4. А.с. 812244 СССР, М. Кл. А 01 К 1/02. Система очистки станка /С.И.Назаров, В.О.Чернышев, К.Ф.Терпиловский, В.С.Ионин и др. (СССР). - № 2822347/30-15; Заявлено 16.07.81; Опубл. 07.07.81; Бюл.№ 10.-С.10-11.
5. А.с. 843879 СССР, М.Кл.3 А 01 К 1/01. Устройство удаления экскрементов из животноводческих помещений /С.И.Назаров, В.О.Чернышев, В.С.Ионин и др. (СССР). - № 2798925/30-15; Заявлено 16.07.79; Опубл. 07.07.81, Бюл. № 25.- С.18-19.

Подписка на журнал «Агропанорама»

Белорусский аграрный технический университет

р/с 3622003980016 АСБ Белорусбанка г. Минск
в филиале № 522 код 192.

Журнал выходит один раз в два месяца.
Цена за номер – 320 000 руб.

Адрес редакции: 220023 г. Минск, пр. Ф.Скорины,
д.99, к.1, ком. 327-а.