

УДК 681.332.656.

С.Н. Осин, канд. техн. наук

Идентификация распределенных параметров динамической системы жизнеобеспечения биологических объектов

В статье рассмотрены теоретические вопросы построения замкнутой вычислительной системы для изучения состояния динамических систем жизнеобеспечения биологических объектов сельскохозяйственного назначения. Проанализирована структура системы управления с первичными преобразователями информации для идентификации параметров искусственным микроклиматом.

The theoretical questions of using the computers system for investigation the dynamics system for life-support of the agriculture biological objects is considered in this article. The structure of control system with sensors for identification the parametrs of artificial microclimat is studied.

Ключевые слова: биологический объект, температурное возмущение, адаптивный контур, компьютерно-интегрированная система, промышленный птичник

Введение

Вопрос теории синтеза многослойной сеточной структуры для организации многовариантного проектирования рассмотрен в работе [1]. В теоретическом плане также представляет интерес развитие методов синтеза многослойных сеточных структур для изучения состояния динамических объектов, в частности систем термостатирования. По определению [2], системой термостатирования называется тепловая автоматическая система регулирования поддерживающая в определенном объеме заданную температуру с определенной точностью независимо от изменения температуры окружающей среды и внутреннего тепловыделения. Параметр внутреннего тепловыделения чрезвычайно важен для синтеза системы управления жизнеобеспечения биологических объектов сельскохозяйственного назначения и является весомым фактором в тепловом балансе. Надо отметить, что изменения этого параметра зависит от потребления кормов, объем потребления которых существенным образом определяет себестоимость конечной продукции. В практическом отношении это актуальная задача гомеостаза биологических объектов и которая в реальной практике решается эмперически. Жизнедея-

тельность биологических объектах в зоне их содержания не ограничена созданием только зоны комфортного температурного содержания, требуется создание ряда распределенных параметров - влажность, освещенность, газовый состав воздуха и др. также комфортных с точки зрения содержания биологических объектов сельскохозяйственного назначения. Возмущения которым подвержена подобная система имеют как детерминированную так и стохастическую природу происхождения. Таким образом, имеет место динамическая система содержащая в контуре управления сложный распределенный объект и для которого требуется стабилизация заданных показателей качества управления. Подобные задачи трудно решаются на основе анализа только одного уравнения теплопроводности, вместе с тем задача может считаться решенной если установлены поля распределения параметров системы и установлены корреляционные соотношения с окружающей средой, с конструктивными и физическими параметрами помещения для содержания биологических объектов сельскохозяйственного назначения. Целью настоящей работы является исследование способа упрощения контроля распределенных параметров объекта за счет применения многофункциональных первичных преобразователей в адаптивном контуре вычислительной системы с многослойной сеточной структурой.

1. Обобщенная модель системы контроля и управления для оценки состояния динамических объектов с распределенными параметрами

На этапе проектирования для управления и контроля динамическим объектом требуется определить математическую модель исследуемого процесса, некоторые априорные данные о начальных и граничных условиях и также иметь информацию о реальном состоянии процесса. Информация о реальном состоянии процесса характеризуется пространственно-временным вектором состояния $X(t,z)$, обобщенное математическое описание нестационарного процесса имеет вид [3]

$$\frac{\partial X(t,z)}{\partial t} + A(t,z)X(t,z) = B(t,z)U(t,z) + C(t,z)W(t) \quad (1)$$

где $A(t,z)$ -детерминированная матрица характеризующая систему измерений, $B(t,z)$ – детерминированная матрица характеризующая степень воздействия вектора управления $U(t,z)$, $U(t,z)$ -детерминированный вектор управления, $C(t,z)$ -детерминированная матрица характеризующая степень воздействия на систему случайного возмущения $W(t,z)$, $W(t,z)$ -возмущающее воздействие представляющее собой белый гауссовский шум.

Причем, не все переменные вектора состояний поддаются измерению, а измерение некоторых переменных экономически не целесообразно. Усложнение модели динамики процесса приводит к адекватному усложнению закона управления, к увеличению сложности его аппаратной реализации и соответственно стоимости системы автоматического управления-следствие принципа необходимого разнообразия Эшби. В случае когда параметры вектора состояний неизвестны обычно используются адаптивный подход: на основе экспериментальных данных оцениваются параметры объекта, а затем считая параметры достоверными используют эту оценку для формирования закона управления. Условием успешного формирования закона управления при этом является своевременность обработки и анализ результатов идентификации распределенных параметров на нижнем уровне системы. Время затраченное на идентификацию не должно превышать постоянную времени разгонной характеристики исполнительных механизмов объекта. Стратегия управления как совокупность управляющих воздействий оптимизируется, если идентификация и управление осуществляются одновременно внутри системы и содержит данные параметров регулирования и данные для последующего формирования управляющего сигнала и коррекции стратегии управления.

Для измерительной системы объекта с линейно распределенными параметрами (1D вариант) уравнение (1) принимает вид

$$\frac{\partial y}{\partial t} + Ay = \sum_k^N B_k F_k \quad (2)$$

где $A=A(x)$ – оператор объекта контроля, $y=y(x,t)$ -контролируемый параметр объекта распределенный по пространственной координате, $F_k = F(x_k, t)$ – возмущающее воздействие на объект как контролируемое, так и неконтролируемое, $B_k = B_k(x)$ – оператор, определяющий влияние на объект возмущающего воздействия F_k .

В случае, если все возмущения известны, то состояние объекта однозначно определяется

уравнением (2) для любого момента времени при известных начальных и граничных условиях. По результатам исследования при создании компьютерно-интегрированной адаптивной системы с распознаванием образов на примере природных температурных возмущений в промышленных птичниках было установлено, что длительность температурных возмущений с приблизительно одинаковыми параметрами почти в 90% составляют от трех до пяти суток, около 8% случаев удерживают неизменные параметры на протяжении 40-60 суток и 2% случаев коротких возмущений предвидеть которые невозможно [4]. Алгоритм распознавания образов предполагает несколько этапов уточнения параметров температурных образов через 20, 40 и 100 часов наблюдения с итоговой ошибкой определения математического ожидания среднестатистического участка объекта 0,5 °С. В отношении других параметров микроклимата устанавливается требование по точности регистрации на уровне 2-3%. Особенностью данной системы является то, что техническая реализация системы предполагает наличие одного наружного и двух внутренних датчиков температуры, причем внутренние датчики монтируются на противоположных сторонах объекта содержания, а сам объект имеет габаритные размеры 94м x18м x4м, учет внутреннего тепловыделения осуществляется на основе интегральных характеристик учета биомассы. Оценить температурное поле объекта с указанными размерами и указанным числом датчиков проблематично. Остальные параметры микроклимата контролируются точно, как правило, в центре помещения. В связи с этим, имеет место задача по исключению информационных потерь о параметрах микроклимата объекта при наличии температурных возмущений за счет внутреннего тепловыделения биологических объектов с целью подтверждения правильности выбора стратегии управления. Решение данной задачи предполагает применение мультифункционального первичного преобразователя и реализации измерительной системы дискретной по времени и по пространству.

2. Анализ структурной схемы контроля за состоянием объекта с распределенными параметрами

Реальные тепловые процессы не поддаются точному математическому описанию, поэтому необходим переход к модели которая представляет собой идеализированную конструкцию протекающих в ней теплофизических процессов. Уравнение (2) является исходным для ре-

лизации сеточной структуры, если структура является квазианалогом, в этом случае на основе теоремы [1], при условии [5] подключения емкости между одноименными узлами емкости C_i относительно узлов первого слоя и второго слоя возможно получить дискретизированную систему уравнений сеточной структуры алгебраического вида

$$C_i \frac{\partial U}{\partial t} + GU = I \quad (3)$$

где C_i - неотрицательная диагональная матрица, образованная емкостями, G - матрица проводимостей из отрицательных и положительных элементов моделирующих матрицу A , I – моделирует правую часть уравнения (2), U - эквивалентный неизвестный вектор.

Точки приложения неконтролируемых возмущений за счет внутреннего тепловыделения определяются условиями содержания биологических объектов - клеточное или напольное и внутренней организацией системы вентилирования помещения. Случай клеточного содержания биологических объектов и продольной организации системы вентилирования можно рассматривать как однородное приложение возмущений, что эквивалентно включению в каждый узел сеточной структуры источника тока. В случае напольного содержания - возмущения приложены в различных точках и имеют статистический характер, поэтому для моделирование возмущения требуется воссоздание реализаций случайного процесса на основе метода формирующих фильтров [6].

При контроле температурных полей объектов содержания биологических объектов на основе «природных» стратегий [4] среда окружающая помещение анализируется и параметры приточного воздуха контролируются, а параметры за счет внутреннего тепловыделения остаются вне контроля. Очевидно, что чем большее количество неконтролируемых возмущений измеряется и ставится под контроль, тем меньше будет дисперсия погрешности оценки состояния объекта. В случае однородного распределения источников внутреннего тепловыделения контроль температурного поля в одной точке допустим при условии, что первичный преобразователь расположен в точке с максимальной погрешностью оценки поля температур, такой подход справедлив также и по отношению к другим параметрам микроклимата. Для случайного распределения требуется дискретный контроль параметрических полей.

Для дискретного контроля параметров в различных точках необходимо принять план расположения узлов сеточной структуры, например на условии (1D представление) $\Delta x = X/m$, x -размер линейно расположенного объекта, m - число узлов сеточной структуры, Δx -координата и для принятого плана синтезировать сеточную структуру. Схема замкнутой вычислительной структуры с системой контроля и управления температурным полем, представлена на рис.1, где Y - вектор фактического состояния, Y_0 - граничные и начальные условия, Y_1 -вектор состояния объекта, ΔY - вектор невязки, F_1 -контролируемое возмущение, F_2 -неконтролируемое возмущение.

Особенностью сеточной структуры для контроля распределенных параметров является необходимость в первичных преобразователях физических величин характеризующих микроклимат рассматриваемого объекта, в числе которых: температура, газовый состав воздуха, влажность, скорость воздушного потока. Среди существующих технических решений для контроля температуры рассматривается использование 8-ми канального измерителя ТРМ-138 компании «Овен». Для контроля остальных параметров микроклимата также имеются различные дискретные измерители. Заметим, что для решения задачи рассматриваемого типа - контроля распределенных параметров - стоимость системы может существенно подрасти за счет измерителей, поэтому целесообразно рассматривать возможности повышения уровня интеллектуализации первичных преобразователей или реализации твердотельного мультифункционального первичного преобразователя на основе принципов термоэлектрического преобразования [8].

Представленная структурная схема позволяет использовать технику вычислительного эксперимента для анализа динамики поведения системы в различной постановке. В этом случае реализуется имитационная модель сеточной структуры на основе конечно-разностной аппроксимации в среде MATLAB-Simulink и реализуется алгоритм взаимодействия информационных потоков в структуре системы управления, рис.1, с последующим импортом в имитационную модель компьютерно-интегрированной системы автоматизированного управления [7]. Данная задача рассматривается как предмет дальнейшего развития методологии по идентификации параметров объектов с распределенными параметрами с применением многослойных сеточных структур.

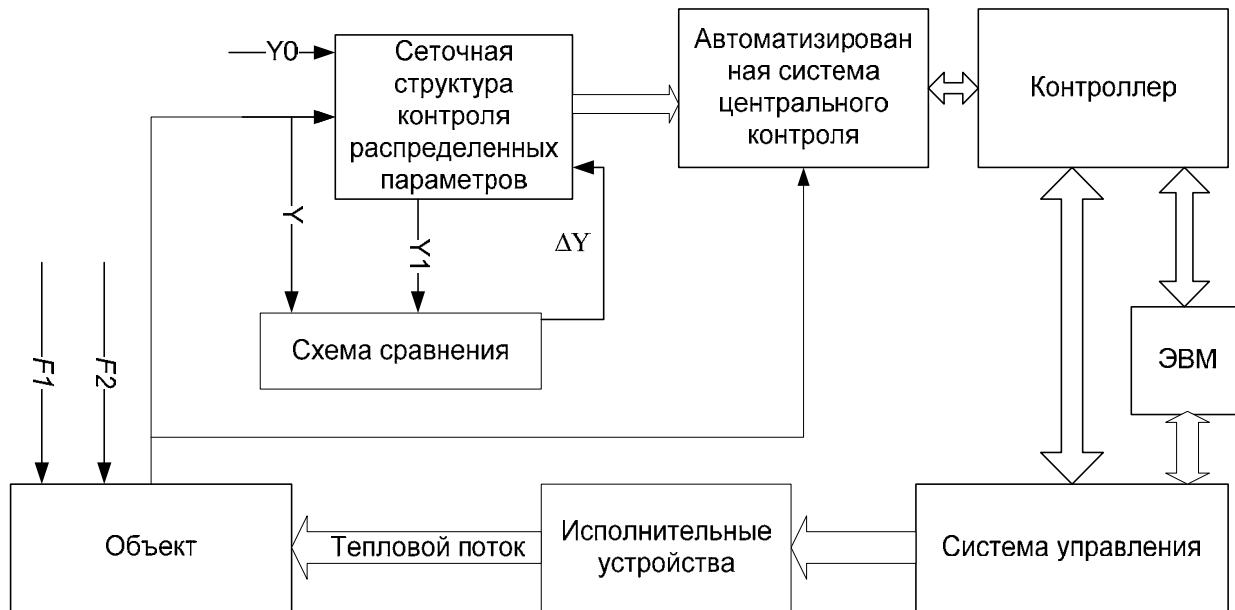


Рис. 1. Структурная схема контроля состояния объекта с распределенными параметрами

Выводы

В процессе исследования:

- выполнен анализ системы управления для идентификации распределенных параметров динамической системы на основе многослойной сеточной структуры;
- определена методология идентификации 1D распределенных параметров для объектов содержащих биологические объекты сельскохозяйственного назначения.

Литература

1. Осинев С.Н. Метод синтеза многослойной сеточной структуры // Электроника и связь.- Тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии», №5, 2010г.- С.69-71.
2. Венгеровский Л.В., Ванштейн Х.А. Система термостатирования в радиоэлектронике.- Л., Энергия, 1969г.- 76с.
3. Артюшин Л.М., Машков О.А., Дурняк Б.В., Сивов М.С. Теория автоматического керування.- Львів, Вид-во УАД, 2004г.-271с.
4. Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи ефективного управління енергетичними ресурсами на птахофабриках.- Звіт про НДР (заключний), УкрНІІНТІ, № держ.реєстрації 0108U0011969, 2010р.- 132с.
5. Карандаков Г.В., Четверухин В.М. Применение четырехслойных сеточных структур для моделирования и оценки состояния динамических объектов с распределенными параметрами // Электронное моделирование.- №1, 1982г. – С.93-96.
6. Пузачев В.С., Сеницын И.Н. Стохастические дифференциальные системы.- М., Наука, 1985.- 264с.
7. Голуб Б.Л. Автоматизоване управління параметрами ефективності роботи промислового пташника з підсистемою моніторингу та підтримки прийняття рішення.- Автореф.дисс. к.т.н., 05.13.07, НУХТ, Київ, 2011р.- 20с.
8. Борисов А.В., Осинев С.Н., Заворотный В.Ф., Лупина Б.И. К вопросу о моделировании термоизолированной области терморезистивного датчика // Электроника и связь, ч.1, 2007г. – С.24-27.