

составной ее частью. Это относится к ППП Notebook (интеграция с текстовым процессором Word) и Simulink (моделирование динамических систем).

Важным достоинством системы MATLAB является ее открытость и расширяемость. Большинство команд и функций данной системы оформлены в виде текстовых файлов (M-файлов) и файлов на языке C (C++). Пользователь может их модифицировать и создавать новые.

Имеется возможность объединения системы с Mathcad и пакетом символьной математики Maple.

Система MATLAB использует командный режим работы. Имеются возможности компилирования, проблемно-ориентированного и даже визуального программирования

В системе MATLAB имеется широкий спектр демонстрационных примеров, которые можно модифицировать и использовать в своих целях. Приводятся некоторые из них.

Итак, MATLAB - универсальная интегрированная система, предлагаемая ее разработчиками как язык программирования высокого уровня для технических вычислений. Язык программирования MATLAB является интерпретатором. Этап компиляции полной программы отсутствует. Для выполнения программ необходимо находиться в среде MATLAB. Однако для программ на языке MATLAB созданы компиляторы, транслирующие программы на языке MATLAB в коды языков программирования C и C++. Это решает задачу создания исполняемых программ, изначально создаваемых в среде MATLAB.

Моделирование процесса теплообмена системы «животное - комбинированный электрообогреватель»

Прищепов М. А., канд. техн. наук, доцент, Винничек В.С., БГАТУ, г. Минск.

В целом система «электронагревательная установка – биологический объект» может быть представлена как взаимосвязанная теплоэнергетическая система, состоящая из отдельных структурных элементов, соединённых между собой и окружающей средой энергетическими потоками как связями.

При различных условиях окружающей среды животные сохраняют постоянную внутреннюю температуру тела $T_{ж}$, соответствующую уровню оптимальной биологической активности. Необходимым условием поддержания стационарного теплового состояния организма является непрерывное удаление образующейся в нём теплоты. Чтобы теплота, выработанная организмом, могла быть отдана внешней среде, она должна быть сначала перенесена к поверхности тела. Для обеспечения этого процесса темпера-

тура поверхностных тканей должна быть ниже, чем внутренних. Отсюда следует, что температура разных частей организма не может быть одинаковой и поверхностные слои тела при окружающей температуре $T_b < T_j$ имеют более низкую температуру. В связи с этим у физиологов принято условное разделение тела на гомеотермную часть (ядро) и пойкилотермную (оболочку) с наиболее выраженным непостоянством температуры. Толщина «оболочки» $\delta_{об.}$ изменяется в зависимости от окружающей температуры, а величину сопротивления теплопроводности «оболочки» $R_{об.}$ можно рассматривать как интегральный показатель физической терморегуляции.

Однако решение задачи оптимизации энергетических режимов ЭНУ, при которых тепловыделения животных находятся на некотором оптимальном уровне, предполагает, что в этом состоянии организм не испытывает каких-либо существенных напряжений функций терморегуляционного аппарата. Это означает, что $\delta_{об.}$ в оптимальных условиях у поросёнка сведена к минимуму и практически равна толщине кожи и подкожного жирового слоя, а величина термического сопротивления «оболочки» определяется значением теплопроводности кожи и жира. Отсюда следует, что в этом случае передача теплоты от внутренних органов («ядра») к поверхности тела («оболочке») и последующая отдача её поверхностью тела в окружающую среду происходит только по законам теплопередачи.

Учитывая изложенное представим организм поросёнка как следующую упрощённую двухузловую модель. В центре тела, защищённом от колебаний температуры окружающей среды T_b , кожей и подкожным жировым слоем, температура тела T_j близка к постоянной и наиболее высока. Поверхностные слои тела при $T_b < T_j$ имеют более низкую температуру кожного покрова T_k , соответствующую средневзвешенной температуре поверхности теплообмена.

В реальности поверхность теплообмена поросёнка с ЭНУ имеет весьма сложную геометрическую форму, что значительно осложняет решение задачи с использованием математической модели. Для решения задачи тело животного условно представим в виде теплоизолированного цилиндра с усечённой боковой поверхностью, площадью поверхности, эквивалентной площади тела животного, с равномерно распределённым по объёму источником тепла P_j внутри. Температура цилиндра T_j постоянная, а коэффициент теплопроводности его активной части стремится к бесконечности. Тогда расчётная схема теплообмена модели поросёнка с ЭНУ в двумерном пространстве будет иметь вид, приведенный на рис. 1.

Цилиндр радиусом r_t со средним термическим коэффициентом сопротивления теплоизолирующего слоя r_t усечённой боковой поверхностью контактирует с напольным обогревателем, который можно представить в виде многослойной плиты, состоящей из отдельных корпусно-изоляционных слоёв, с равномерно распределённым по поверхности изоляционного слоя источником теплоты $P_{пан.}$

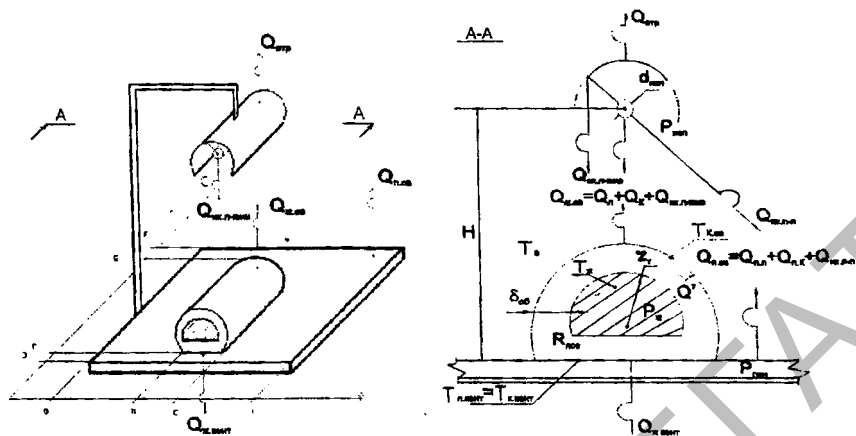


Рис.1 Теплофизическая модель теплообмена поросёнка при местном комбинированном электрообогреве.

На расстоянии H от плиты расположен протяжённый ИК-излучатель, который условно можно представить в виде трубки радиусом $r_{изл.}$ и длиной $l_{изл.}$, имеющей равномерно распределённый по поверхности источник теплоты $R_{изл.}$. Для направленного действия лучистого потока имеется отражатель, степень черноты которого стремиться к нулю.

Теплоотдача поверхностью цилиндра осуществляется за счёт конвекции Q_k , излучения Q_l (свободной поверхностью) и теплопроводности Q_t (поверхности, контактирующей с плитой). В общем случае при теплообмене организма поросёнка с окружающей средой имеет место теплоотдача испарением. Однако при создании условий для физиологически необходимой теплоотдачи в явном виде (Q_k , Q_l , Q_t) роль потоотделения будет незначительной, а теплоту, расходуемую на испарение влаги, можно будет не учитывать, так как она будет составлять менее 4%.

Теплоотдача со свободной поверхности плиты и ИК-излучателя осуществляется путём конвекции и излучения, при этом лучистая составляющая теплового потока ИК-излучателя равномерно направлена на свободную поверхность цилиндра и плиты, а конвективный тепловой поток, нагревая внутреннюю поверхность отражателя, проходит через его многослойную структуру и рассеивается с наружной поверхности в окружающую среду путём конвекции и излучения. Во всех точках рассматриваемой системы принимаем стационарное температурное поле.

Для определения в двумерном измерении температурного поля напольного обогревателя при питании его токопроводящего покрытия от источника постоянного напряжения можно воспользоваться решением обычно-

венного дифференциального уравнения второго порядка, описывающим его теплообмен в нестационарном режиме:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{срд} \frac{dT_{II}}{d\tau} = \lambda\delta \frac{d^2T_{II}}{dx^2} + \lambda\delta \frac{d^2T}{dy^2} + q_{v,II} + q_{ж.конт.} - q^H_{п.к.} - q^H_{п.л.} = 0; \\ \text{при } l_1 \leq x \leq l_2; f_1 \leq y \leq f_2 \\ \text{срд} \frac{dT_{II}}{d\tau} = \lambda\delta \frac{d^2T_{II}}{dx^2} + \lambda\delta \frac{d^2T}{dy^2} + q_{v,II} + q_{жк.п. \rightarrow II} - q^B_{п.к.} - q^H_{п.к.} - q^B_{п.л.} - q^H_{п.л.} = 0, \\ \text{при } 0 \leq x \leq l_1 \text{ и } l_2 \leq x \leq L; 0 \leq y \leq f_1 \text{ и } f_2 \leq y \leq F. \end{array} \right. \quad (1)$$

Анализ представленной теплофизической модели показывает, что с энергетической точки зрения взаимодействие биологического объекта с техническими средствами электрообогрева представляет собой открытую термодинамическую систему, состоящую из двух взаимосвязанных систем с внутренними источниками тепловой энергии. Степень тепловой связи этих систем обуславливает расход тепловой энергии каждой из них.

Моделирование динамических систем в пакете SIMULINK

Киселев Б. М., канд. техн. наук, доцент, **Севернева Е. В.**, **Жалобкевич Н. М.**, БГАТУ, г. Минск

В состав системы MATLAB входит пакет Simulink, предназначенный для *математического моделирования* динамических систем, представленных своей функциональной блок-схемой или просто *моделью*.

Для построения функциональной блок-схемы моделируемых устройств Simulink имеет *библиотеку* блочных компонентов и *редактор блок-схем*. Он основан на графическом интерфейсе пользователя и является средством *визуально-ориентированного программирования*. Используя наборы компонентов, пользователь с помощью мыши переносит нужные блоки из набора на рабочий стол пакета Simulink. Соединив блоки линиями связи, получим блок-схему, т.е. модель. Уточнив параметры и режимы моделирования, можно начинать этот процесс.

Технология применения пакета Simulink рассмотрена на примере моделирования разгона трактора с прицепной машиной, представленного простейшей динамической системой в виде двух абсолютно жестких валов с приведенными моментами инерции, соединенных муфтой сцепления. К первому валу приложен момент двигателя, ко второму момент сопротивления прицепной машины.

Регуляторная характеристика двигателя трактора представлена интерполяционным многочленом первого порядка. Работа фрикционной муфты