

ТЕС встановлено, що зростання питомої витрати теплоти бруто на турбіну через зношення кінцевих ущільнень при постійній потужності становить 1,3%,

що еквівалентно зниженню потужності на 1,9% при постійній витраті теплоти на турбіну.

Література

1. Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата К-300-240-2 ХТГЗ. [Текст]. — Введ. 14.02.1977. - М.: Изд-во СПО Союзтехэнерго, 1977. - 27 с.
2. Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата К-300-240 ХТГЗ второй модификации. [Текст]. — Введ. 28.08.1976. - М.: Изд-во СПО Союзтехэнерго, 1976. - 25 с.
3. Тепловые испытания турбины К-300-240-2 ХТГЗ ст. №5 Трипольской ГРЭС. [Текст]: отчет «ЛьвовОРГРЕС»; рук. Теплицкий М.Г. и др. - Львов, 1974. - 46 с.
4. Тепловые испытания турбины типа К-300-240 ХТГЗ ст. №10 Змиевской ГРЭС. [Текст]: отчет «ЛьвовОРГРЕС»; рук. Михайловцев Е.И. и др. - Львов, 1972. - 38 с.
5. Тепловые испытания турбины типа К-300-240 ХТГЗ ст. №2 Трипольской ГРЭС. [Текст]: отчет «ЛьвовОРГРЕС»; рук. Теплицкий М.Г. и др. - Львов, 1973. - 43 с.

Розглянуто результати моделювання теплових процесів в живому організмі з залученням математичного апарату теорії теплопровідності для інтерпретації експериментальних даних

Ключові слова: температура, теплопровідність, розподіл температури

Рассмотрены результаты моделирования тепловых процессов внутри живого организма с привлечением математического аппарата теории теплопроводности для интерпретации данных, полученных опытным путем

Ключевые слова: температура, теплопроводность, распределение температуры

The results of modeling of thermal processes within a living body with using the mathematical apparatus of the heat conduction theory for the interpretation of data obtained experimentally are considered

Keywords: temperature, heat conductivity, temperature distribution

УДК 536.5:53.082.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПО ДАННЫМ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА

М. Г. Самынина

Младший научный сотрудник лаборатории
Лаборатория искусственного осеменения животных и репродуктивной биологии животных
Институт животноводства
Национальная академия аграрных наук
ул. 7-й Гвардейской Армии, 3, пгт. Кулинич,
Харьковский р-н, 62404
Контактный тел.: (057) 740-31-67

При рассмотрении живого объекта с точки зрения физики существует возможность объяснить экспериментальные данные и решить многие теоретические проблемы и практические задачи. Так, определенные трудности вызывает исследование температуры, которая является комплексным показателем состояния биологической системы. Для млекопитающих как представителей гомеотермных свойственно относительное постоянство температуры тела, однако исследование и объяснение теплофизических изменений вызывает ряд неточностей, обусловленных нарушением естественных терморегуляционных функций организма в результате фиксации животных или наркоза [1].

Теоретические аспекты теплофизики детально описывают тепловые процессы, происходящие в твердых телах. Теория теплопроводности предоставляет метод оценки температуры твердого тела – по величине теплового потока от более нагретого участка в сторону менее нагретого [1]. В одномерных случаях решение дифференциального уравнения, которому удовлетворяет вектор теплового потока, позволяет найти распределение температуры T [2]:

$$\rho c_v \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right), \quad (1)$$

где ρ – плотность среды, кг/м³, c_v – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К), k – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).

Используя математический аппарат теории теплопроводности, целесообразно рассмотреть экспериментальные данные, полученные путем измерения температуры во влагалище у самок крупного рогатого скота, с целью их интерпретации.

Моделирование тепловых процессов на основе теории теплопроводности

Исследуемый в данной работе тепловой процесс можно характеризовать как стационарный, так как температурный градиент в полости влагалища от центра тела к периферии не зависит от времени суток [3, 4], не смотря на то, что у коров температура ядра тела меняется согласно циркадным ритмам [5]. В этом случае уравнение (1), описывающее тепловой поток, примет вид

$$\frac{d}{dx} (k \frac{dT}{dx}) = 0 \tag{2}$$

В качестве физической модели рассмотрим полую трубку (рис. 1), которую собой представляет полость влагалища у телок [6]. Для трубки длиной l вдоль ее оси необходимо решить уравнение (2). Начало координат поместим на плоскости с меньшей температурой, таким образом, граничные условия имеют вид: при $x=0$ $T=T_1$, а при $x=l$ $T=T_2$.

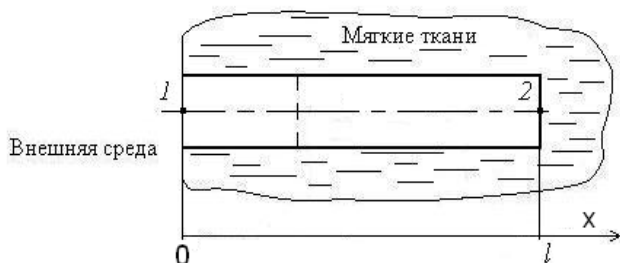


Рис. 1. Полая трубка, принятая в качестве физической модели ($T_1(t) < T_2(t)$)

Предполагаем, что на распределение температуры внутри трубки могут влиять теплообменные процессы со стороны мягких тканей; среда внутри такой трубки может быть однородной с точки зрения теплопроводности ($k=const$) или неоднородной ($k=k(x)$). Поэтому моделирование было проведено на основе трех гипотез.

Модель №1. Стационарное распределение температуры внутри однородной трубки. Из уравнения (2) следует, что $k dT/dx = const$. Если $k=const$, то $dT/dx = const$. Интегрируя, получим

$$T = A_1 x + B_1,$$

где A_1 и B_1 – постоянные интегрирования, которые определяются путем решения системы уравнений, составленной при введении в полученное выражение указанных выше граничных условий. Таким образом, выражение для стационарного распределения температуры внутри однородной трубки имеет следующий вид:

$$T = \frac{T_2 - T_1}{l} x + T_1.$$

Модель №2. Стационарное распределение температуры внутри однородной трубки с учетом внешней теплопередачи. Известно, что благодаря процессам теплообмена возникает тепловой поток через границу тел, обусловленный перепадом температуры на этой границе. Величина этого потока j_n пропорциональна разности температур тел на границе. С учетом дополнительного теплового потока через боковую поверхность трубки вместо уравнения (1) получится

$$\rho c_v S \frac{\partial T}{\partial t} = S \frac{\partial}{\partial x} (k \frac{\partial T}{\partial x}) + \alpha p (T_0 - T), \tag{3}$$

где S, p – площадь и периметр поперечного сечения трубки, соответственно; T – температура тела, а T_0 – температура окружающих мягких тканей. Постоянная α – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К). Предполагая k постоянным и вводя обозначение

$$b^2 = \frac{\alpha p}{\rho c_v S},$$

для случая стационарного распределения температуры внутри однородной трубки с учетом внешней теплопередачи уравнение (3) переходит в

$$\chi \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + b^2 (T_0 - T) = 0. \tag{4}$$

Примем, что процесс распределения температуры в мягких тканях имеет характер стационарного распределения в однородной среде, поэтому T_0 выразим формулой

$$T_0 = \frac{T_2 - T_1}{l} x + T_1.$$

Обозначим $\beta = b/\chi$. Тогда общее решение уравнения (4) есть

$$T = A_2 e^{\beta x} + B_2 e^{-\beta x} - \frac{T_2 - T_1}{l} x - T_1.$$

Постоянные интегрирования A_2 и B_2 определяются путем решения системы уравнений, которая составляется при введении в полученное выражение граничных условий, указанных выше. В результате,

$$T = \frac{2T_1 \text{sh}(\beta(1-x)) + 2T_2 \text{sh}(\beta x)}{\text{sh}(\beta l)} - \frac{T_2 - T_1}{l} x - T_1.$$

Модель №3. Стационарное распределение температуры внутри неоднородной трубки. Примем, что теплопроводность внутри трубки меняется с координатой x по линейному закону $a+bx$. Из уравнения (2) следует, что $k(x) dT/dx = const$. В результате интегрирования получено выражение

$$T = \frac{A_3}{b} \ln|a + bx| + B_3,$$

где A_3 и B_3 – постоянные интегрирования, которые определяются из граничных условий. Для стационарного распределения температуры внутри неоднородной трубки математическое выражение имеет следующий вид:

$$T = T_1 + (T_1 - T_2) \frac{\ln \left| \frac{a + bx}{a} \right|}{\ln \left| \frac{a}{a + bl} \right|}.$$

Экспериментальная часть

Исследования по термометрии проводили в Институте животноводства НААН на 3 подопытных телках молочных пород случного возраста. По таблице случайных чисел с целью исключить систематические влияния, связанные с изменением температуры в течение эстрального цикла [3, 5], были определены 2, 9 и 15 дни цикла. Учитывая максимальное расстояние от вульвы, на которое можно поместить датчик во влаглище, измерения проводили на глубине 4, 8, 12, 16, 20, 24 и 28 см.

Необходимый для оценки температуры датчик (термодатчик) с чувствительностью 0,025 кОм/°С был изготовлен по схеме [7]; максимальная ошибка линеаризации схемы не превышает 1×10^{-3} °С. Термодатчик был оснащен шкалой, с помощью которой определяли расстояние от внешних половых органов.

На основании статистической обработки [8] результатов измерений построены следующие зависимости температуры в полости влаглища от глубины, на которой проведено измерение (рис. 2). Кривые представляют собой групповые средние для температур, измеренных на вышеуказанных расстояниях и рассчитанных для каждого животного отдельно. На рисунке также показан обобщающий график для общей средней с указанием общего среднего квадратического отклонения.

Оценка адекватности полученных физико-математических моделей

Для построения графиков распределений температуры в полученные математические выражения были введены необходимые табличные и исходные данные [9, 10]. На рисунке 3 приведены зависимости температуры, которые были определены экспериментальным путем и в результате моделирования. Так как в нашем случае $n < 30$, то для оценки информативности полученных математических выражений моделей №1, №2 и №3 был использован нормированный коэффициент детерминации, который составил 0,85, 0,79 и 0,95, соответственно. Так как эти значения выше 0,5, следовательно, все три модели высоко информативны и в разной степени отражают исследуемые тепловые процессы.

Оценка достоверности моделей показала, что рассчитанные критерий Фишера и уровень значимости (для модели №1: $\alpha_p = 0,003 < 0,05$ и $F = 27,62$; для модели №2: $\alpha_p = 0,008 < 0,05$ и $F = 18,42$; для модели №3: $\alpha_p = 0,0001 < 0,05$ и $F = 127,26$) подтверждают значимость вычисленных коэффициентов детерминации.

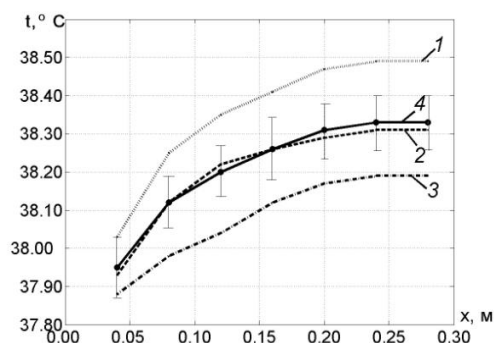


Рис. 2. Зависимости температуры от глубины, на которой проведено измерение: 1, 2, 3 – температура у животного 1, 2, 3 (соответственно); 4 – $M \pm \sigma$

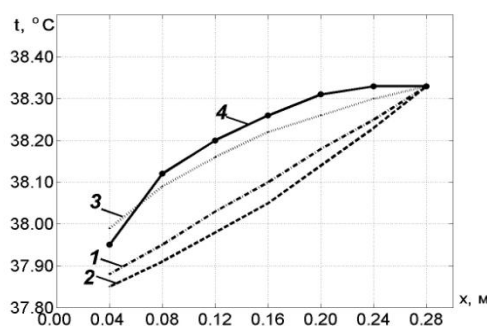


Рис. 3. Распределения температуры, полученные экспериментальным путем и с помощью физико-математического моделирования: 1, 2, 3 – модели № 1, № 2, № 3, соответственно; 4 – экспериментальные данные

Для характеристики точности каждой модели была определена средняя относительная ошибка аппроксимации [8], которая составила для моделей №1, №2 и №3 0,29 %, 0,38 % и 0,05 %, соответственно. Величина меньше 5% свидетельствует о хорошем уровне точности всех трех моделей.

Таким образом, допустимо предполагать, что исследуемый тепловой процесс носит характер стационарного распределения температуры в однородной среде. Для более точного изучения необходимо учитывать, что исследуемая среда является неоднородной с точки зрения теплопроводности. Кроме того, влияние на теплообменные процессы со стороны мягких тканей можно не учитывать.

Выводы

1. Проведено моделирование тепловых процессов внутри живого организма с привлечением математического аппарата теории теплопроводности. Получены достаточно информативные,

- достоверные и точные физико-математические модели.
2. Установлено, что наиболее точно изучаемый тепловой процесс характеризует стационарное

распределение температуры в неоднородной, с точки зрения теплопроводности, среде.

Литература

1. Иванов К.П. Основы энергетики организма: Теоретические и практические аспекты. / Иванов К.П. – Ленинград: Наука, 1990.
Том 1: Общая энергетика, теплообмен и терморегуляция. – 1990. – 307 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Учеб. пособие для ВУЗов. / Сивухин Д.В. – Москва: Наука, 1990.
Т. II: Термодинамика и молекулярная физика. – 1990. – 592 с.
3. Саминіна М.Г. Аналіз змін вагінальної температури у корів для виявлення стадії еструсу / М. Г.Саминіна // НТБ ІТ УААН, – Харків – 2009. – №99. – С. 36–42.
4. Саминіна М. Г., Хмельков В.М. Взаємозв'язок різниці температур у піхві корів і статевого циклу / М. Г. Саминіна, В. М. Хмельков // НТБ ІБТ НААН. – Львів – 2010. – Випуск 11, № 2-3. – С. 411-416.
5. Piccione G. Daily and estrous rhythmicity of body temperature in domestic cattle / Piccione G., Caola G. and Refinetti R. // BMC Physiol. – Vol. 3, No. 7. – 2003. – 8 p. – Режим доступу до журн. :
<http://www.biomedcentral.com/1472-6793/3/7>.
6. Бугров А. Д. Выявление и выборка коров и телок в охоте: [Методические рекомендации] / А. Д. Бугров, А. В. Медведовский, А. В. Субота. – Х. : Институт животноводства УААН, 2005. – 47 с.
7. Пат. кор. мод. №37243, МПК⁶ G01K 7/16, 7/22. Спосіб вимірювання малих змін температури / Саминіна М. Г.; заяв. і патентовласник Саминіна М. Г. – u200806378; заявл. 13.05.08; опубл. 25.11.08, Бюл. №22.
8. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: [Учеб. пособие для вузов] / В. Е. Гмурман. – [10-е изд.]. – Москва: Высшая школа, 2004. – 479 с.
9. Кухлинг Х. Справочник по физике, [пер. с нем., 2-е изд.]. – Москва: Мир, 1985. – 250 с.
10. Application of thermal imaging for cattle management / [H.J. Hellebrand, U. Brehme, U. Stollberg and H. Jacobs]. In: Proc., 1st European Conference on Precision Livestock Farming, Berlin, Germany. – 2003. – P. 761-763.

Стаття містить порівняльний аналітичний аналіз вдосконалених алгоритмів керування полем енерговиділення з алгоритмами, які використовувались раніше. Наведено результат розрахунку чотирирічної паливної кампанії, зроблений в кодї БІПР-7А

Ключові слова: офсет, У-алгоритми, паливна кампанія

Статья содержит сравнительный аналитический анализ усовершенствованных алгоритмов управления неравномерностью поля энерговыделения с алгоритмами, используемыми ранее. Приведен результат расчета четырехлетней топливной кампании, сделанный в коде БИПР-7А

Ключевые слова: офсет, У-алгоритмы, топливная кампания

This article contains comparison of analytical analysis of Enhanced-algorithms to control power distribution in active zone with algorithm that was used before. The result of calculation of four-year fuel-campaign with using program code BIPR-7A is produced

Keywords: offset, E-algorithms, fuel campaign

УДК 621.039

SAFETY ASSESSMENT OF THE IMPLEMENTATION OF ENHANCED-ALGORITHMS AT UKRAINIAN NPPS

R. S. Glushenkov

Postgraduate

Department of nuclear power plants and engineering thermal physics

National Technical University of Ukraine "Kyiv polytechnic institute"

Prospect Peremogy, 37, Kyiv 03056, Ukraine

Contact tel.: (096) 769-51-09

E-mail: rs.glushenkov@gmail.com