

УДК 631.2

Запропоновано теоретико-експериментальний підхід, що дозволяє оперативно діагностувати й прогнозувати температурні поля у технологічно активних зонах тваринницьких виробничих приміщень. Для обґрунтування можливих перепадів температури між поверхнею підлоги, що обігривається, і повітряним середовищем над нею побудована спрощена модель температурного розподілу в приміщенні, що опалюється підлогою

Ключові слова: енергозбереження, електротехнології, джерела живлення, діагностика, прогнозування, виробниче приміщення, мікроклімат

Предложен теоретико-экспериментальный подход, который позволяет оперативно диагностировать и прогнозировать температурные поля в технологически активных зонах животноводческих производственных помещений. Построена математическая модель температурного распределения в помещении, отапливаемого теплым полом, для обоснования допустимых перепадов температуры между обогреваемой поверхностью пола и воздушной средой над ним

Ключевые слова: энергосбережение, электротехнологии, источники питания, диагностика, прогнозирование, производственное помещение, микроклимат

The theoretic-experimental approach is offered which allows operatively to diagnose and to predict temperature fields in technologically active zones of cattle-breeding industrial premises. For a substantiation of possible differences of temperature between a warmed surface of a floor and air environment above it the simplified model of temperature distribution in a premise which is heated by a warm floor is offered

Keywords: energy, electrical technology, power supplies, diagnostics, forecasting, production facilities, microclimate

ТЕОРЕТИКО- ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ВОЗДУШНЫХ ЗОНАХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

А. П. Слесаренко

Доктор физико-математических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник
ИПМаш НАН Украины
Г. Харьков
Контактный тел.: (0572) 95-95-18, 096-386-30-22

Н. А. Романченко

Доцент, кандидат технических наук, заведующий
кафедрой
Кафедра «Электротехнологии сельскохозяйственного
производства»
Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства им. Петра Василенко
ул. Энгельса, 19, г. Харьков, 61012
Контактный тел. (057) 712-28-33, факс 712-52-45

Постановка проблемы

Мировой и отечественный опыт обеспечения требуемого теплового режима микроклимата производственных и жилых зданий и сооружений подтверждает экономическую целесообразность использо-

вания электроэнергии для целей отопления. При этом электро-обогреваемые полы относятся к наиболее перспективным системам отопления, позволяющим рационально использовать энергетические, кормовые, инвестиционные, трудовые и другие ресурсы, при условии поддержания заданных стандартов

тепловых режимов, с учетом изменения внешних и внутренних возмущающих факторов, влияющих на изменения температуры в технологически активных зонах (ЗТА) помещений.

Многопараметричность задач электроотопления и сложность получения их решения в аналитическом виде, трудоемкость и дороговизна натурных экспериментальных исследований объясняют тот факт, что в настоящее время отсутствует необходимый объем данных для оптимального проектирования рассматриваемых систем обогрева даже для случая стационарного режима. Таким образом, научные исследования, посвященные решению данной проблемы, являются актуальными.

Анализ исследований и публикаций

Системный анализ исследований отечественных и зарубежных авторов, посвященный данной проблеме, показывает, что одной из причин, сдерживающих развитие и внедрение прогрессивных технологий электроотопления с использованием энергии традиционных и нетрадиционных источников, является недостаточная изученность процессов теплообмена применительно к электрообогреваемым полам. И, как следствие, отсутствует расчетная и нормативная база для применения прогрессивных технологий и средств электроотопления [1,2,4,6,7].

Вместе с тем, следует отметить и значительное продвижение в изучении рассматриваемых вопросов. Так, в работах [1, 2] П. Г. Круковского, Д. И. Розинского и других авторов, представлены результаты, полученные методом компьютерного моделирования теплового состояния пола различных конструкций с встроенным кабельным электрообогревом. Наряду с использованием кабельного электрообогрева пола в промышленных производственных помещениях, обогрев пола в помещениях сельскохозяйственного назначения может быть осуществлен с помощью системы специальных электронагревателей трубчатого типа, описанных в работах [3-6]. В этих работах обосновывается актуальность задачи управления энергопотоками в таких системах, что дает возможность обеспечить заданные температурные режимы обогреваемых помещений различного функционального назначения. Вопросы управления подводом энергии к секциям нагревательной системы (НС), в состав которой входят блоки специальных электронагревателей трубчатого типа (СЭТ), до сих пор в научной литературе не рассматривались.

Комплексное решение проблемы управления подводом энергокомпонент к нагревателям СЭТ, с целью поддержания заданного режима обогрева поверхности пола и прилегающего к нему воздушного пространства ЗТА на заданной высоте, требует, чтобы система управления была способна оперативно производить диагностику и прогнозирование температурного поля ЗТА в любой момент времени. Это связано с необходимостью контроля изменений характеристик воздушных потоков во всем объеме помещения, обусловленных естественной и принудительной конвекцией, которыми сопровождается производственно-технологический процесс в рассматриваемом помещении. Достоверная информация о

температуре воздушной среды над поверхностью пола необходима для использования в граничных условиях при решении комплексной задачи управления подводом энергокомпонент к элементам НС.

Цель работы

Развитие теоретико-экспериментального подхода, позволяющего оперативно решать вопросы диагностики и прогнозирования температурных полей в ЗТА животноводческого помещения, а также обоснование возможности рационального размещения системы термодатчиков в верхней его части, свободной от производственно-технологического оборудования, без потерь полноты оперативной информации о температурных полях воздушной среды помещения.

Основные материалы исследования

Поверхность пола ЗТА контактирует с воздушной средой помещения, где имеют место колебания температуры, обусловленные рядом возмущающих факторов. Прежде всего – это изменение погодных условий, которые при существующей степени теплозащиты зданий значительно влияют на температурный режим помещения, во-вторых – обязательное для рассматриваемых помещений вентилирование, в-третьих – количество (заполненность помещения животными) и перемещение самих животных в области ЗТА. Последний фактор будет, по-видимому, ощутимым при беспривязном содержании КРС, а также для молодняка животных в телятниках и свинарниках. Средняя температура воздушной среды отапливаемого помещения в осенне-зимний период, например, при содержании КРС разных возрастных групп, должна поддерживаться в пределах 5-6°С ... 18-20°С и 16-18 ... 32-39°С – для свинарников [7]. Однако локально, в ограниченных областях поверхности пола ЗТА, изменение условий теплоотдачи в воздушную среду может приводить к отклонениям температуры пола от заданной номинальной, особенно в холодный период. Поэтому при равномерном режиме нагрева НС температура пола окажется разной в разных частях ЗТА, что крайне нежелательно по причине ухудшения качества теплового режима микроклимата, предусматривающего поддержание заданного нормативного значения температуры в пределах 1°С. Существующие системы микроклимата животноводческих помещений, работающие по схеме «сверху-вниз» не в состоянии обеспечить точность поддержания стандартных условий термостабилизации поверхности пола и воздушной среды и нуждаются в усовершенствовании.

Предлагаемые технические решения устройства НС [3-6] позволяют обеспечить в области ЗТА дифференцированный нагрев путем секционирования нагревательных элементов системы. Для управления режимами нагрева секций НС необходимо знать температуру среды непосредственно над поверхностью пола (вблизи) данной секции. Получение и прогнозирование ее величины чисто расчетным путем не представляется возможным ввиду большого количества

неконтролируемых воздействий на тепловой режим воздушной среды. Текущую информацию о состоянии воздушной среды может обеспечить многоканальная система температурных датчиков, распределенных над секциями НС по всей площади ЗТА.

Решение этой технической задачи требует построения физической модели теплопередачи подвижного воздушного слоя над равномерно обогреваемой поверхностью пола ЗТА. Предлагаемый в данной работе теоретико-экспериментальный подход позволяет распараллелить влияние вкладов поперечной (по высоте помещения) и продольных компонент скорости воздушного потока на изменение температурного поля в ЗТА.

Проведем исследование одномерной модели теплообмена в воздушном слое над НС при таких условиях:

а) в воздушном слое отсутствуют поперечные движения воздуха, единственной отличной от нуля компонентой скорости частиц воздуха является поперечная компонента $v_x = v$, ориентированная вдоль оси ОХ по нормали к поверхности НС;

б) величина скорости движения воздуха предполагается постоянной в пределах слоя и не зависит от времени $V = \text{const}$.

В дальнейшем, в экспериментальной части модели, предлагается проведение коррекции решения задачи диагностики и прогнозирования температурного поля, что позволяет учитывать влияние внешних воздействий и производственно-технологического процесса на температурный режим ЗТА.

Модель воздушной среды в соответствии с уравнением Навье-Стокса имеет вид:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial \xi^2} = \left(\frac{v \cdot H}{a} \right) \frac{\partial t}{\partial \xi} \quad t|_{\xi=0} = t_n, \quad t|_{\xi=1} = t_{nn} \quad (1)$$

где $a = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 / \text{с}$ - коэффициент теплопроводности воздуха при температуре 10°C и нормальном давлении; $\xi = x/H$ - нормированная координата, $0 \leq x \leq H$ - область воздушного слоя; t - температура в области воздушного слоя, t_n - температура поверхности пола, t_{nn} - температура нижней поверхности потолочного перекрытия, $^\circ\text{C}$.

Решение уравнения (1) в области $0 \leq x \leq H$ ищется в виде

$$t(\xi) = C_1 \cdot \exp(\alpha \xi) + C_2 \quad (2)$$

где C_1, C_2 - неизвестные константы, которые определяются из граничных условий (3); $\alpha = (v \cdot H)/a$ - безразмерная константа задачи. Определяя константы из граничных условий и подставляя их в (2), представим решение в виде:

$$t(\xi) = t_n - [1 - \exp(\alpha \xi)] \cdot [1 - \exp(\alpha)]^{-1} \Delta t \quad (3)$$

где $\Delta t = t_n - t_{nn}$ - перепад температур между поверхностью пола и потолочным перекрытием. В установившемся режиме в отапливаемом помещении величина перепада Δt , как правило, составляет несколько градусов.

Вид кривых распределения температуры по высоте помещения $t(\xi)$ зависит от величины коэффициента α , которую определим из дополнительных условий, а именно - значения температуры воздуха на некотором удалении от поверхности пола. На рис. 1. по-

казаны графики температурного профиля в области $0 \leq \xi \leq 1$ для четырех таких значений α : 1.444, 3.995, 8.3, 12.5. Учитывая, что время прогрева помещения (время установления температурного распределения) примерно соответствует времени перемещения конвекционных частиц воздуха от поверхности пола до потолка $T_{\text{конв.}} = H/v$, заданным величинам α при высоте помещения $H = 3\text{м}$ соответствуют такие времена установления $t_{\text{конв.}}$: 87 ч, 31 ч, 15 ч и 12.5 ч.

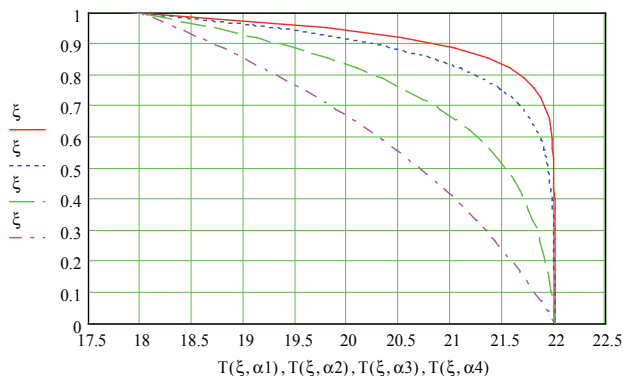


Рис. 1. Температурный профиль воздушного промежутка для перепада температуры между полом и потолком $\Delta t = 4^\circ\text{C}$ и ряда значений времени установления $t_{\text{конв.}}$: (1) 12.5, (2) 15, (3) 31 и (4) 87 ч.

Более точная картина распределения температуры в рассматриваемом одномерном приближении получится, если учесть, что скорость в воздушном промежутке не постоянна. Примем более близкое к реальности квадратичное распределение скорости по высоте: $v(\xi) = 4v_0(\xi - \xi^2)$, где $v_0 = v(0.5)$ - значение скорости в сечении $x = 0.5$. В этом случае в уравнении распределения температуры (1) скорость в правой части есть функция координаты:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial \xi^2} = \gamma \cdot (\xi - \xi^2) \frac{\partial t}{\partial \xi} \quad (4)$$

где $\gamma = 4v_0 \text{Ha}^{-1}$ - безразмерный конвективный параметр задачи. Определим его через среднюю скорость конвекции v_{cp} :

$$v_{\text{cp}} = 4v_0 \int_0^1 (\xi - \xi^2) d\xi = 4v_0 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3} v_0.$$

Отсюда выражение параметра γ через среднюю скорость имеет вид: $\gamma = (3\text{Ha}^{-1})v_{\text{cp}}$. Задавая такие, характерные для рассматриваемого помещения, значения времени установления (за счет конвекции) $t = 10\text{ч}, 15\text{ч}, 20\text{ч}, 25\text{ч}$, определим соответствующие значения конвективного параметра γ : $\gamma_1 = 37,5, \gamma_2 = 25, \gamma_3 = 18,8, \gamma_4 = 15$.

Решение уравнения (4) с переменным коэффициентом перед первой производной - функцию $t(\xi, \gamma)$, представим через неопределенный интеграл:

$$t(\xi, \gamma) = C_2 + C_1 \int F(\xi, \gamma) d\xi, \quad (5)$$

где подинтегральная функция имеет вид:

$$F(\xi, \gamma) = \exp \left[\gamma \left(\frac{\xi^2}{2} - \frac{\xi^3}{3} \right) \right]. \quad (6)$$

Константы C_1, C_2 в (5) должны быть определены из граничных условий (1). Поскольку интеграл в (5) не имеет первообразной, для получения искомой координатной зависимости температуры подынтегральную функцию $F(\xi, \gamma)$ аппроксимируем полиномом. Уточненные профили температуры получены для выбранных выше значений коэффициента γ . Анализ показывает, что при учете лишь вертикального движения воздуха, модель конвекции с поверхности пола дает температурное распределение экспоненциального характера только вблизи потолочного перекрытия, вблизи поверхности пола температура изменяется незначительно. Если же температуры поверхности пола и перекрытия одинаковы ($t_n = t_{nn}$), то в рассматриваемой модели температура оказывается постоянной по высоте помещения. В действительности, из-за существующих воздушных потоков в помещении имеет место отток тепла в направлениях параллельно поверхности пола, который приводит к заметному «провалу» температуры в среднем сечении ($x=N/2$), оставаясь слабо возмущенным вблизи стенок из-за эффекта вязкого трения.

Имея это в виду, сделаем следующее уточнение модели конвекции с использованием экспериментальных данных применительно к конкретному помещению. Примем рабочую гипотезу о том, что температурный профиль по высоте помещения $0 \leq x \leq N$ имеет квадратичный характер. Таким образом, если на рассчитанный профиль температуры $t(\xi, \gamma)$ наложить квадратичную функциональную поправку $A \cdot (x^2 - x)$, получится картина распределения, более близкая к реальной:

$$t_{eq}(\xi) = t(\xi) + A \cdot (\xi^2 - \xi). \tag{7}$$

Величину коэффициента A в (7) следует определять из дополнительных условий, например, по показаниям датчика температуры в среднем сечении $x = N/2$ рассматриваемого помещения.

Рассмотрим ряд характерных примеров диагностики и прогнозирования температурных режимов подвижного воздушного слоя для типового помещения, предназначенного для содержания свиней на откорме, в осенне-зимний период при характерных значениях конвективного параметра γ . Реализации температурных режимов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Реализации температурных режимов подвижного воздушного слоя для типового животноводческого помещения в осенне-зимний период

$t, ^\circ\text{C}$	№	1	2	3	4
t_{nn}		6	11	12	16
t_{cp}		9.5	13.8	16.5	20.8
t_n		14	19	22	26

Значение температуры t_{cp} соответствует среднему сечению $x = N/2$ между поверхностью пола и потолочным перекрытием. Тепловой режим №4 из табл. 1 соответствует условиям типового жилого помещения при

оптимальных условиях отопления [8]. На рис. 2 и рис. 3 представлены профили распределения температуры в помещении для типовых температурных режимов из табл. 1 для 4-х режимов конвекции (по параметру γ). На рис. 4 показаны профили температуры в помещении для случаев поперечного движения воздуха для 4-х конвективных режимов по γ (кривые 1', 2', 3', 4') для ряда соотношений температур поверхности пола, нижней поверхности перекрытия и воздушной среды в среднем сечении помещения: (а) $t_{cp} < t_n, t_{nn}$ - вентиляция холодным воздухом, (б) $t_n < t_{cp} < t_{nn}$, (в) $t_{cp} > t_n, t_{nn}$ вентиляция подогретым воздухом.

Кривые профилей температуры на рис. 2 и рис. 3 позволяют сделать оценку максимальных и минимальных отклонений температуры воздушной среды обогреваемых помещений на верхней границе технологически активной зоны (над обогреваемым полом - в данном случае она лежит на уровне $x = 1\text{м}$) от температуры поверхности пола (перепады температур). В табл. 2 представлены рассчитанные по моделям режимов 1-4 значения максимальных $\Delta t_{max}, ^\circ\text{C}$ и минимальных $\Delta t_{min}, ^\circ\text{C}$ перепады температур между воздушной средой и поверхностью пола для 4-х реализаций по конвективному параметру $\gamma_1 = 37,5, \gamma_2 = 25, \gamma_3 = 18,8, \gamma_4 = 15$.

Таблица 2

Максимальные и минимальные отклонения температуры воздуха на верхней границе ЗТА от температуры поверхности пола

Режим №1			
$\Delta t_{min1} = 0.052$	$\Delta t_{min2} = 0.215$	$\Delta t_{min3} = 0.434$	$\Delta t_{min4} = 0.647$
$\Delta t_{max1} = 3.873$	$\Delta t_{max2} = 3.692$	$\Delta t_{max3} = 3.536$	$\Delta t_{max4} = 3.428$
Режим №2			
$\Delta t_{min1} = 0.052$	$\Delta t_{min2} = 0.215$	$\Delta t_{min3} = 0.434$	$\Delta t_{min4} = 0.647$
$\Delta t_{max1} = 4.492$	$\Delta t_{max2} = 3.311$	$\Delta t_{max3} = 4.156$	$\Delta t_{max4} = 4.047$
Режим №3			
$\Delta t_{min1} = 0.065$	$\Delta t_{min2} = 0.269$	$\Delta t_{min3} = 0.543$	$\Delta t_{min4} = 0.843$
$\Delta t_{max1} = 4.731$	$\Delta t_{max2} = 4.504$	$\Delta t_{max3} = 4.31$	$\Delta t_{max4} = 4.175$
Режим №4			
$\Delta t_{min1} = 0.065$	$\Delta t_{min2} = 0.269$	$\Delta t_{min3} = 0.543$	$\Delta t_{min4} = 0.843$
$\Delta t_{max1} = 4.466$	$\Delta t_{max2} = 4.239$	$\Delta t_{max3} = 4.045$	$\Delta t_{max4} = 3.91$

Из табл. 2 видно, что перепады температуры между воздушной средой в верхней части ЗТА и поверхностью пола существенно зависят от состояния воздушной среды (степени активности конвекции) и температуры поверхности пола.

Решение задач восстановления пространственно-временной картины микроклимата в ЗТА может быть получено на основе теоретико-экспериментального подхода при диагностике теплового состояния помещения. Для этого воспользуемся уравнениями Навье-Стокса на основе наблюдения температуры в дискретном ряде точек. Нахождение их решения с учетом

реальных граничных условий представляет довольно сложную задачу.

Ее можно упростить, если разбить всю поверхность обогреваемого пола на ряд ограниченных регионов и предположить, что над каждым из них имеет место преимущественно теплопередача в вертикальном направ-

лении по оси OX и некоторое возмущение в поперечных направлениях. При этом представляется допустимым расположить датчики вдоль полосы станков с животными в один ряд. Таким образом, можно ограничиться лишь одной поперечной координатой вдоль ряда станков и искусственно понизить степень уравнения.

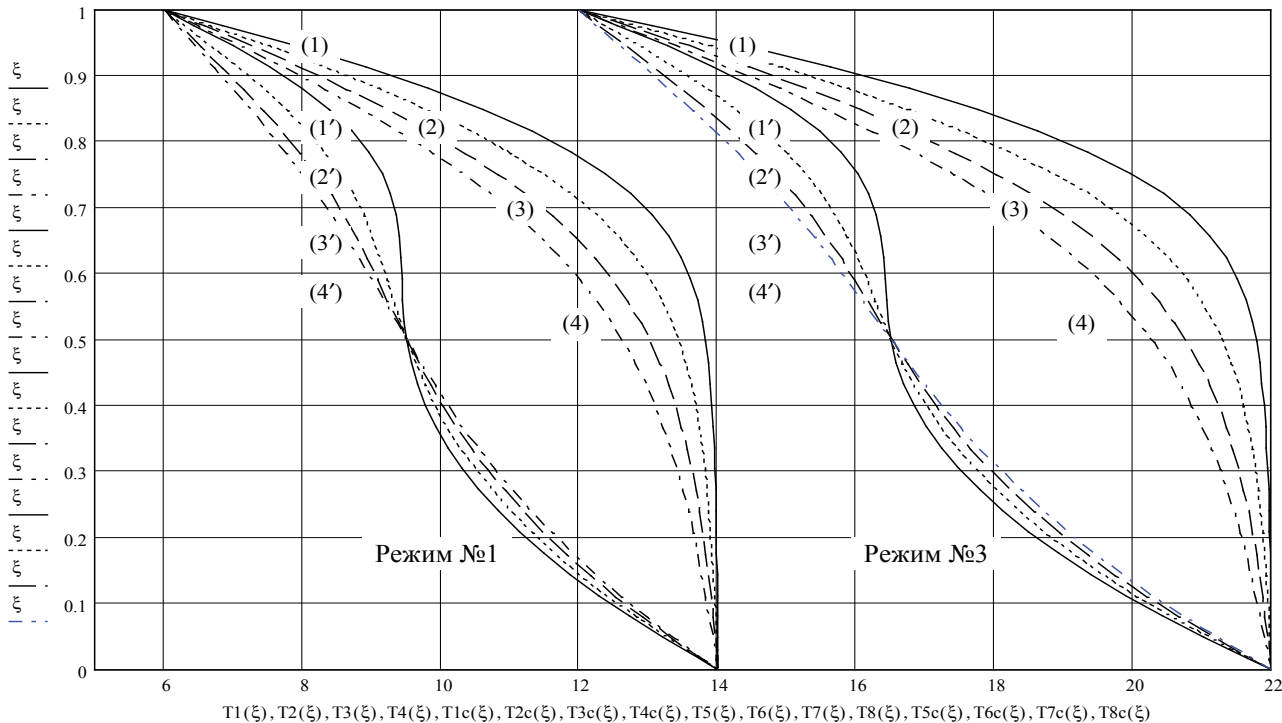


Рис. 2. Профили температуры в помещении для температурных режимов №1 и №3 без учета (кривые 1, 2, 3, 4) и при учете (кривые 1', 2', 3', 4') поперечного движения воздуха для 4-х значений конвективного параметра γ

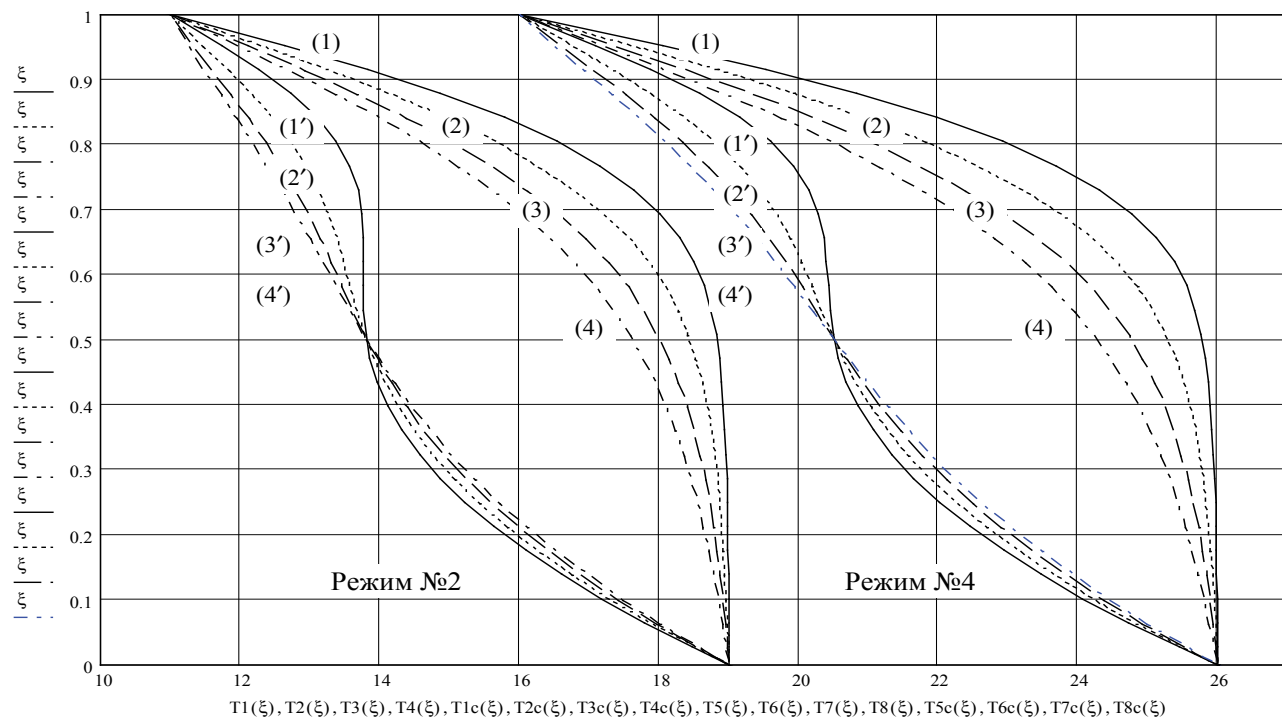


Рис. 3. Профили температуры в помещении для температурных режимов №2 и №4 без учета (кривые 1, 2, 3, 4) и при учете (кривые 1', 2', 3', 4') поперечного движения воздуха для 4-х значений конвективного параметра γ

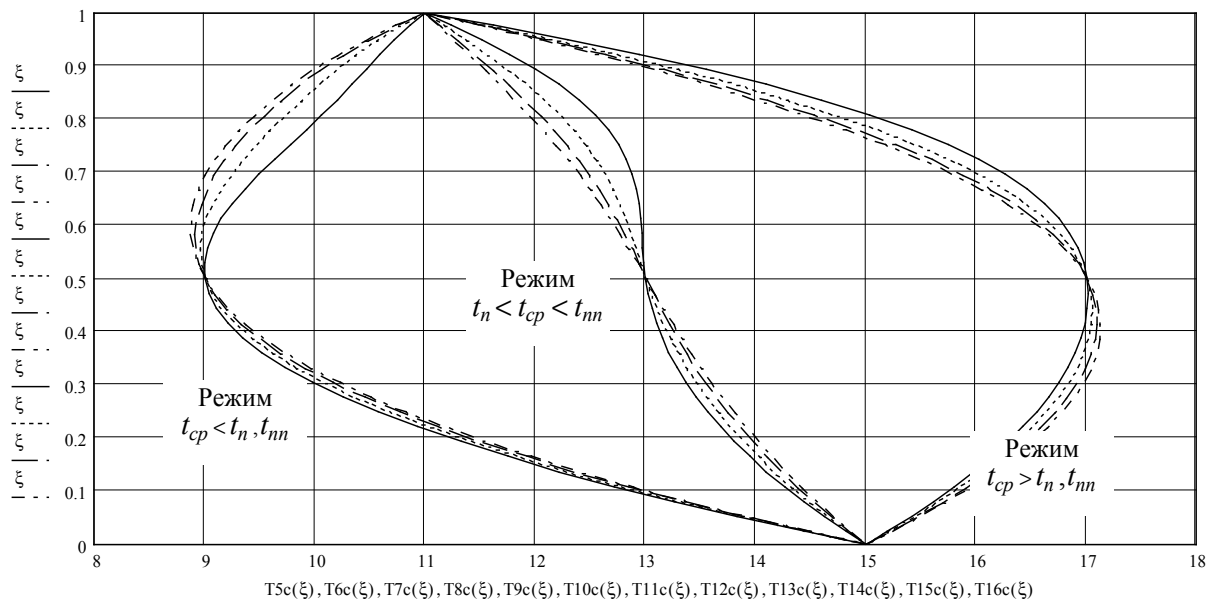


Рис. 4. Профили температуры для температурных режимов при учете поперечного движения воздуха для 4-х значений параметра γ (кривые 1', 2', 3', 4') для случаев (а) $t_{cp} < t_n, t_{nn}$, (б) $t_n < t_{cp} < t_{nn}$, (в) $t_{cp} > t_n, t_{nn}$

При этом двумерная задача заменяется рядом одномерных для ряда сечений $z=z_i$ с соответствующими неопределенными функциями $F_i(x)$ – аналогами фиктивных источников. Над каждой зоной z_i , i – номер станка с животными, уравнение относительно температуры воздуха представим в усеченном виде:

$$v_x \frac{\partial T}{\partial x} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + F_i(x), \quad (8)$$

где $F_i(x)$ – функции некоторых фиктивных источников, которые можно было бы теоретически определить, решив двумерную граничную задачу с соответствующими распределениям скоростей воздушной массы, и из решения этой задачи определить функции:

$$F_i(x) = a \frac{\partial^2 T_i}{\partial z^2} - v_z \frac{\partial T_i}{\partial z}.$$

Решениями уравнения (8) являются функции $T_i(x) = T_{0,i}(x) + T_{1,i}(x)$, где $T_{0,i}(x)$ – решения (8) с нулевой правой частью и реальными граничными условиями на поверхности пола и потолка: $T_{0,i}|_{x=0} = T_{i,n}$, $T_{0,i}|_{x=H} = T_{i,m}$; $T_{1,i}(x)$ – частное решение однородного уравнения. Их можно найти с использованием экспериментальных данных контрольно-измерительной системы (КИС) с системой датчиков, подвешенных к потолку (рис. 5).

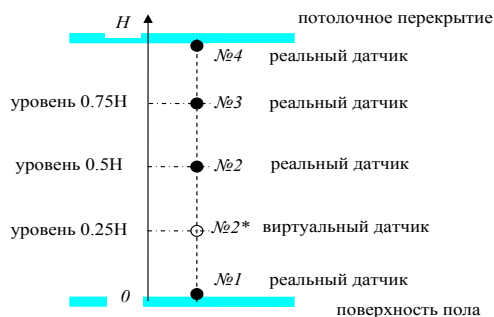


Рис. 5. Система датчиков в воздушной области над ЗТА

Исходя из анализа конвективно-радиационных процессов в отапливаемых помещениях, принимаем предположение, что в интервале $0.25 < x < 0.75$ между поверхностью пола и потолком температура изменяется по линейному закону (см. кривые на рис. 1-4). Угол наклона этой линейной функции определяется показаниями датчиков №2 и №3. Тогда, на основе этой гипотезы, имеет место такое значение температуры в области расположения датчика №2*: $T_{2*} = 2T_2 - T_3$. Такая схема расположения датчиков и введение виртуального датчика полезны тем, что воздушная область над поверхностью пола на высоте $H/2$ (для конкретных случаев величина ниже 1.5 м) будет свободна от каких бы то ни было элементов КИС.

При этом будет сохранена точность диагностики и прогнозирования тепловых режимов над регионами обогреваемого пола. ИВС позволяет получать данные от датчиков №1, №2, №3, №4 для регионов и, тем самым, в каждый момент времени учитывать любые внешние влияния (изменения погодных условий вне помещения, перемещение животных, включение или выключение установок местного обогрева, включение или отключение вентиляции и т.п.). Этот массив данных следует периодически вносить в математическую модель теплового режима воздушной среды помещения.

Выводы

Применение системы микроклимата в производственных животноводческих помещениях, работающей по схеме «снизу-вверх», в состав которой входят секции специальных электрообогревателей трубчатого типа при питании их нагревательных элементов от традиционных и нетрадиционных источников энергии, позволяет использовать прогрессивные электро-технологии, сокращающие расходы энергоресурсов на технологические нужды на 35-38%.

Обобщение данных, полученных в результате теоретико-экспериментального анализа температур-

ных режимов типового производственного животноводческого помещения, позволяет установить для последующего моделирования режимов нагревательной системы такие перепады температуры (с нормируемой погрешностью) между нагретой поверхностью пола с типовыми значениями $t_n = 8..32^\circ\text{C}$ и воздушной средой над ним: минимальный перепад температур лежит в интервале $\Delta t_{\min} = 0.5 .. 2^\circ\text{C}$, максимальный перепад $\Delta t_{\max} = 1 .. 4^\circ\text{C}$, где минимальные значения перепадов температур относятся к температуре воздуха в помещении 8°C , а максимальные – к температуре воздуха 32°C .

Литература

1. Круковский П. Г. Тепловые режимы полов различных конструкций с электрокабельными системами обогрева / П. Г. Круковский, Н. П. Тимченко, О. Ю. Судаков, Д. И. Розинский // Пром. теплотехника. – 2002. – Т. 24. – №1. – С. 10–16.
2. Электротеплоаккумуляционное отопление греющим полом / Сб. научн. статей «К разработке государственных строительных норм Украины «Электрические кабельные системы отопления». – Под ред. Д. И. Розинского. – Киев. – 2001. – 152 с.

3. А. с. 1813381 СССР. МКИ А01К15/01. Устройство для электрообогреваемого пола животноводческого помещения / Н. А. Романченко, В. И. Мельник, А. А. Румянцев, В. Я. Курышев; опубл. 07.05.93. Бюл. №17.
4. Романченко Н. А. Электрообогреваемые полы в животноводческих помещениях / Н. А. Романченко, В. И. Мельник и др. // Механиз. и электрифик. сельского хозяйства. – 1993. – №5–6. – С. 12–14.
5. Електрообігрів підлог в тваринницьких приміщеннях / М. А. Романченко, О. О. Румянцев, В. Я. Куришев // Вісник ХДТУСГ «Питання електрифікації сільського господарства». – Харків. – 2000. – Вип. 3. – С. 135–138.
6. Енерго- і ресурсозберігаючі технології забезпечення мікроклімату в виробничих спорудах сільськогосподарського призначення / М. А. Романченко // Науково-технічний бюлетень №87. – Харків. Інститут тваринництва УААН. – 2004. – С. 121–125.
7. Пчолкін Ю.М. Машини та обладнання для створення мікроклімату на фермах / Ю. М. Пчолкін, В. К. Мурзин // К.: Урожай. – 1977. – 110 с.
8. Богословский В. И. Строительная теплофизика / В. И. Богословский. – М.: Стройиздат. – 1982. – 415 с.

Наведено узагальнену модель оцінки та вибору автоматичної трансмісії, а також її декомпозиція на окремі завдання структурного і параметричного синтезу

Ключові слова: структурний синтез, параметричний синтез, багатокритеріальна модель, автоматична трансмісія

Приведена обобщенная модель оценки и выбора автоматической трансмиссии, а также ее декомпозиция на отдельные задачи структурного и параметрического синтеза

Ключевые слова: структурный синтез, параметрический синтез, многокритериальная модель, автоматическая трансмиссия

The general model of a choice and assess automatic transmission, and also its decomposition on separate tasks of structural and parametrical synthesis

Key words: structural synthesis, parametrical synthesis, many criterion model, automatic transmission

УДК 629.3.02-235:681.5.013/015

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМНОГО СИНТЕЗА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ

Л. И. Нефёдов

Доктор технических наук, заведующий кафедрой*
Контактный тел.: 738-77-92

А. А. Осьмачко

Ассистент*
Контактный тел.: 067-688-33-33
*Кафедра АКИТ

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

1. Введение

Экономичность и экологичность транспортного средства во многом зависят от эффективности передачи крутящего момента от двигателя на колеса. Проблема

повышения эффективности передачи крутящего момента и автоматического управления им в зависимости от желания водителя и изменяющейся дорожной обстановки всегда существовала в автомобилестроении. С учетом требований по уменьшению затрат на топливо и