

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 631.2:631.171:65.011.56

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА КАК ФАКТОРА ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЖИВОТНЫХ

Романченко Н. А., Румянцев А. А.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка

В работе представлены результаты исследования переходных процессов автоматического управления модулями силовых секций электрообогреваемых полов в технологически активных зонах животноводческого сооружения

Постановка проблемы. Проблема существенно повышения эффективности производства продукции животноводства, качественные показатели которой отвечали бы европейским и мировым стандартам, сопряжена с рядом взаимосвязанных проблем, касающихся уровня развития промышленности и энергетики в нашей стране, как базисных отраслей определяющих развитие всего народного хозяйства. Статистические данные [2, 3] свидетельствуют о том, что 48-52 % в себестоимости продукции животноводства составляет стоимость энергоносителей. Низкая эффективность использования энергетических, кормовых и инвестиционных ресурсов не только сдерживает дальнейшее наращивание объемов производства сельскохозяйственной продукции, но и отрицательно влияет на продовольственную безопасность нашего государства [3, 4].

Успешное решение проблемы повышения эффективности производственных процессов в животноводстве возможно только на основе создания и внедрения новейших энерго- и ресурсосберегающих технологий, а также автоматизации средств их реализации, способных изменять способ и условия производства продукции животноводства, гармонично объединять комплексное решение вопросов экологии, энергетики и экономики. Поэтому научно-исследовательские разработки, направленные на поиск более эффективных технологий и средств повышения продуктивности животноводства, по мнению специалистов, есть актуальными и такими, что имеют большое народнохозяйственное значение [1, 4, 5].

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ научных исследований отечественных и зарубежных авторов посвященных данной тематике показывает, что около 65 % энергоресурсов потребляемых в АПК используется на отопление и вентиляцию производственных животноводческих помещений, системы микроклимата которых функционируют по схеме "сверху - вниз". Именно затраты энергоносителей на формирование заданного теплового режима как доминирующего по энергоемкости и интенсивности физиологического влияния на жизнедеятельность биообъектов (особенно молодняка животных и птицы) является одним из наиболее негативно влияющих факторов на рентабельность производства продукции животноводства и свинины в частности. Практика производства свинины в целом показывает,

что при неблагоприятных условиях теплового режима микроклимата в животноводческих помещениях, прирост массы молодняка животных уменьшается на 7-12 %, на 25-30 % увеличиваются потери молодняка животных от простудных заболеваний, сокращается срок эксплуатации ограждающих конструкций, ухудшаются условия труда обслуживающего персонала.

Электротехническое оборудование существующих систем микроклимата, которое используется в производственных животноводческих помещениях (свинарники-маточники) по своим эксплуатационным характеристикам не полностью отвечают возрастающим требованиям производства и имеют существенные недостатки. Главными из них являются: низкая энергоэффективность и технологическая ненадежность; низкие электротеплоаккумуляционные показатели; неремонтопригодность. Кроме того, эти системы не могут обеспечить качественное формирование дифференциальных температурных зон в производственном помещении, где находятся разновозрастные животные (свиноматки – поросята) с использованием энергии традиционных и нетрадиционных источников питания. Очевидно, что при решении научных задач повышения эффективности технологических процессов в АПК необходимо учитывать предписания Программы развития электроотопления, как альтернативы поэтапного уменьшения количества систем генерирования тепла с использованием органического топлива, которая вошла в первую десятку приоритетных планов реализации целей и задач Энергетической стратегии Украины на период до 2030 года.

Анализ научно-технической литературы [1, 2, 3, 4] свидетельствует о том, что использованию электротеплоаккумуляционного отопления для формирования температурного режима микроклимата в производственных животноводческих помещениях, например, с электрообогреваемыми кабелями, трубчатыми электронагревателями, обогревателями из стальной проволоки (изолированной и неизолированной), уложенными в слой бетона и других конструктивных решений уделяется значительное внимание учеными и практиками, работающими в этой области. Поэтому разработка систем децентрализованного теплоаккумуляционного электроотопления для животноводческих помещений, которые используют вне пиковую электроэнергию и не нуждаются в дополнительных энергогенерирующих мощностях, способствует более

эффективному использованию традиционных и более широкому использованию энергопотенциала нетрадиционных и возобновляемых источников. Кроме того, электротеплоаккумуляционные системы формирования микроклимата положительно влияют на процесс регулирования мощности и частоты в действующих энергосистемах и дают возможность производителям сельскохозяйственной продукции реальную возможность более масштабно использовать льготные тарифы современного энергорынка.

Известен опыт и зарубежных фирм, которые специализируются на разработках электротеплоаккумуляционного отопления производственных помещений различного функционального назначения. Это фирмы ENSTO – Финляндия; DEVI, DANFOSS – Дания; НП "АВОК"; ОАО "Инсолар-Инвест"; СТТ – Россия; ЕЛЕТЕР – Украина. Их разработки позволяют убедиться в том, что это перспективное энергоэффективное направление.

Одновременно с этим следует признать, что отсутствие детальных теоретических исследований касающихся: влияния геометрических параметров; теплотехнических характеристик; режима работы систем отопления, а также методологий построения алгоритмов и вычислительных программ, использование их для прогнозированного управления, экспресс анализа

и оценки работы систем отопления греющим полом и их влияния на биообъекты в зонах технологической активности, делает проблематичной постановку вопроса о создании новых прогрессивных автоматизированных комплексов с формированием параметров микроклимата на базе децентрализованного электротеплоаккумуляционного отопления греющим полом.

Цель статьи. На основании проведенного обзора и анализа известных исследований обосновать типоряд перспективных конструктивных решений децентрализованного электротеплоаккумуляционного отопления животноводческих помещений электрообогреваемым полом с автоматической системой управления его работой.

Основные материалы исследования. Одним из путей решения проблемы повышения эффективности систем формирования микроклимата в технологически активных зонах производственных помещений (свинарника – маточника) предложено использовать электротеплоаккумуляционные блоки для формирования зон дифференциального температурного режима на поверхности пола, работающих по схеме "снизу-вверх" с использованием энергии традиционных и нетрадиционных источников с экологически безопасными информационно-аналитическими системами автоматического управления.

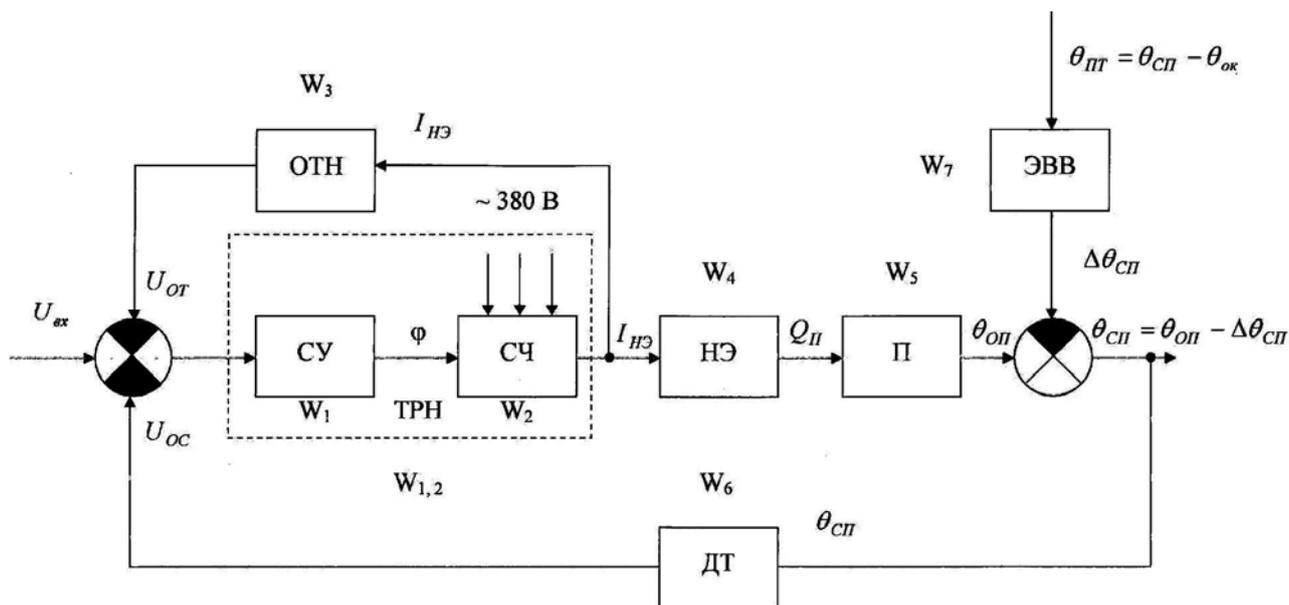


Рисунок 1 – Функциональная схема АСУ электрообогреваемыми полами

На схеме обозначено:

Q_{II} - количество тепла, выделяемого нагревательными элементами, $\frac{Дж}{ч}$;

U_{OC} - напряжение отрицательной обратной связи;

$\Delta\theta_{СП}$ - уменьшение температуры пола за счет теплоотдачи в окружающую среду;

U_{OT} - напряжение ограничения тока нагревательных элементов;

$U_{вх}$ - входное управляющее напряжение;

СУ – система управления регулятора;

СЧ – силовая часть тиристорного регулятора напряжения (ТРН);

ОТН – ограничитель тока нагревательных элементов;

НЭ – нагревательный элемент электротеплоаккумуляционной установки;

ДТ – датчик температуры (обратная связь);

ЭВВ – элемент учета влияния возмущения окружающей среды;

$\theta_{ПТ}$ - перепад температуры между полом и окружающей средой;

$\theta_{ОП}$ - температура пола без учета теплоотдачи в окружающую среду.

Рассмотрим один из переходных процессов теплоотдачи поверхности силового модуля, который состоит: из системы электротеплоаккумуляционных секций децентрализованного формирования теплового режима в технологически активных зонах; системы специальных электронагревателей трубчатого типа; системы обеспечения безопасности жизнедеятельно-

сти людей и животных; системы датчиков контроля температуры поверхности пола и воздуха на заданной высоте; системы контроля режима работы модуля (работа в позапиковый период) суточного графика нагрузки сетей; системы формирования гибридной схемы включения традиционного и нетрадиционного источников питания.

Структурная схема автоматической системы управления обогревом участков пола (поросята - свиноматки) приведена на рис. 2.

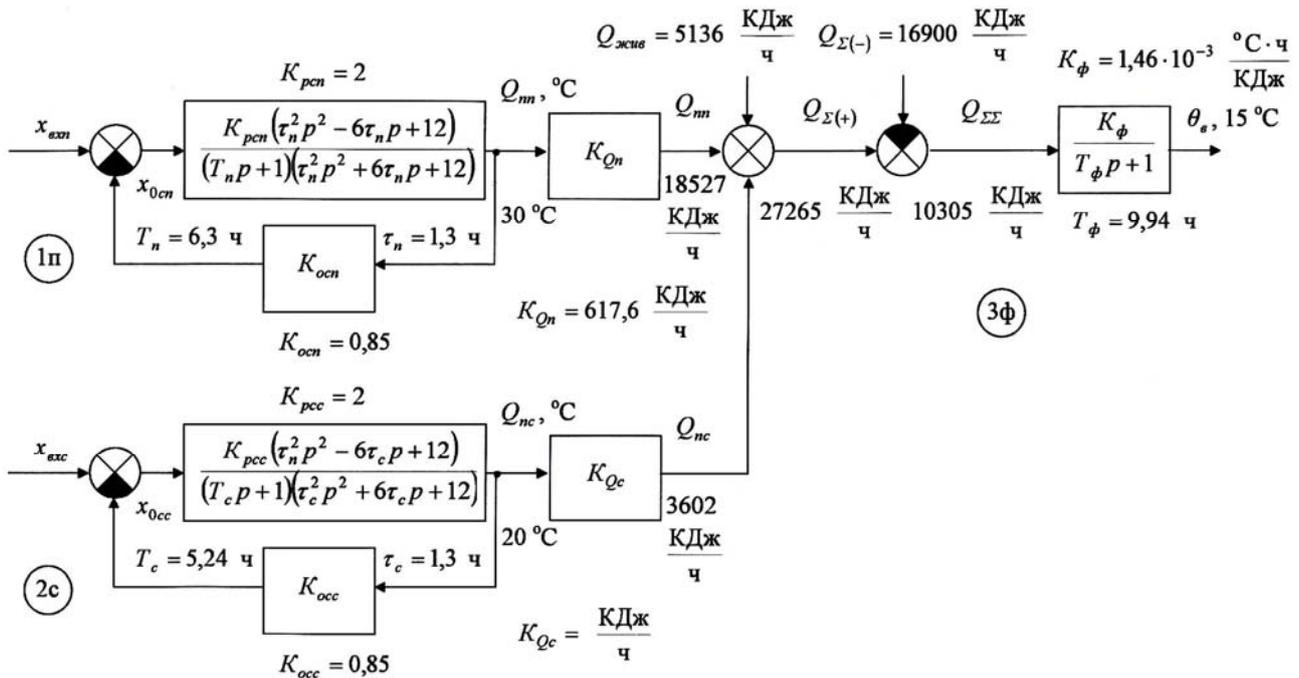


Рисунок 2 – Структурная схема автоматической системы управления отопления производственного помещения электрообогреваемых полов

Запаздывание учтено функцией Паде второго приближения $e^{-p\tau_n} = \frac{\tau_n^2 p^2 - 6\tau_n p + 12}{\tau_n^2 p^2 + 6\tau_n p + 12}$.

Воспользуемся результатами расчета нагрева полов при учете запаздывания приближением Паде второй степени [4, 5].

Дифференциальное уравнение нагрева пола для поросят ранее получено в виде (1)

$$p^3 + 6,5p^2 + 8,5p + 3,95 = 0, \quad (1)$$

корни уравнения $p_1 = -4,94$; $p_{2,3} = -0,78 \pm j0,44$.

Дифференциальное уравнение нагрева пола для свиноматок получено в виде (2)

$$p^3 + 5,95p^2 + 8,9p + 4,9 = 0, \quad (2)$$

корни уравнения $p_1 = -4,1$; $p_{2,3} = -0,95 \pm j0,56$.

Используя структурную схему АСУ обогрева всего производственного помещения, приведенную на

рис. 2 делаем вывод, что приведенные уравнения (1) и (2) справедливы для расчета теплоотдачи полов с дифференцированными зонами нагрева, следует лишь изменить значения постоянных интегрирования. С учетом сказанного находим переходный процесс отдачи тепла полом для поросят.

$$\alpha_n = -0,78; \quad w_n = 0,44c^{-1}; \quad Q_{ny} = 18527 \frac{KДж}{ч}$$

$$\varphi_{nn} = \arctg \frac{w_n}{\alpha_n} = \arctg \frac{0,44}{-0,78} = \arctg(-0,564) = -29,4^\circ,$$

$$\sin(-29,4^\circ) = -0,49,$$

$$57,3w_n t = 57,3 \cdot 0,44 t = 25,2 t,$$

$$A_n = Q_{ny} \sqrt{1 + \left(\frac{w_n}{\alpha_n}\right)^2} = 18527 \sqrt{1 + \left(\frac{0,44}{-0,78}\right)^2} = 21121 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}.$$

Решение уравнения

$$Q_n(t) = Q_{ny} - A_n e^{\alpha_n t} \sin(25,2t + 29,4^\circ) + A_1 e^{\beta_1 t},$$

при $t = 0$ имеем

$$0 = Q_{ny} - A_n \sin 29,4^\circ + A_1 = 18527 - 21121 \cdot 0,49 + A_1,$$

$$A_1 = -18527 + 10349 = -8178 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}.$$

Окончательно получим решение в виде

$$Q_n(t) = 18527 - 21121 e^{-0,78t} \sin(25,2t + 29,4^\circ) - 8178 e^{-4,94t}, \quad (3)$$

подставляя значения времени t в (3) найдем

$$t_0 = 0; \quad Q_{0n} = 0;$$

$$t_1 = 1\text{ч}; \quad Q_{1n} = 18527 - 21121 e^{-0,78} \sin(25,2 + 29,4^\circ) - 8178 e^{-4,94} = 10500 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_2 = 2\text{ч}; \quad Q_{2n} = 18527 - 21121 e^{-1,56} \sin(50,4 + 29,4^\circ) = 14387 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_3 = 4\text{ч}; \quad Q_{3n} = 18527 - 21121 e^{-3,12} \sin(100,8 + 29,4^\circ) = 17811 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_4 = 8\text{ч}; \quad Q_{4n} = 18527 - 21121 e^{-6,24} \sin(201,6 + 29,4^\circ) = 18560 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_5 = 12\text{ч}; \quad Q_{5n} = 18527 - 21121 e^{-12,48} \sin(302,4 + 29,4^\circ) = 18527 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}.$$

График переходного процесса теплоотдачи пола для поросят приведен на рис. 3.

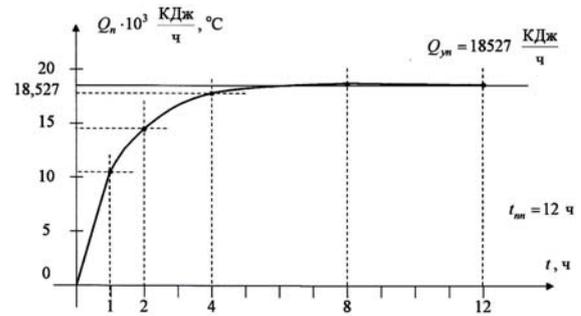


Рисунок 3 – График теплоотдачи пола для поросят с учетом запаздывания Паде второго порядка

Дифференциальное уравнение нагрева пола для свиноматок ранее получено в виде (2)

$$p^3 + 5,95p^2 + 8,9p + 4,9 = 0, \quad (2)$$

корни уравнения $p_1 = -4,1$; $p_{2,3} = -0,95 \pm j0,56$.

Находим переходный процесс отдачи тепла полом для свиноматок

$$\alpha_c = -0,95; \quad w_c = 0,56c^{-1}; \quad Q_{cy} = 3602 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}$$

$$\varphi_{nc} = \arctg \frac{w_c}{\alpha_c} = \arctg \frac{0,56}{-0,95} = \arctg(-0,589) = -30,5^\circ,$$

$$\sin(-30,5^\circ) = -0,508,$$

$$57,3w_c t = 57,3 \cdot 0,56t = 32t,$$

$$A_c = Q_{cy} \sqrt{1 + \left(\frac{w_c}{\alpha_c}\right)^2} = 3602 \sqrt{1 + \left(\frac{0,56}{-0,95}\right)^2} = 4178 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}.$$

Решение уравнения

$$Q_c(t) = Q_{cy} - A_c e^{\alpha_c t} \sin(32t + 30,5^\circ) + A_1 e^{-4,1t},$$

при $t = 0$ имеем

$$0 = Q_{cy} - A_c \sin 30,5^\circ + A_1 = 3602 - 4178 \cdot 0,508 + A_1,$$

$$A_1 = -3602 + 2091 = -1511 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}.$$

Окончательно получим решение в виде (4)

$$Q_c(t) = 3602 - 4178e^{-0,95t} \sin(32t + 30,5^\circ) - 1511e^{-4,1t}, \quad (4)$$

подставляя значения времени t в (4) найдем

$$t_0 = 0; Q_{0c} = 0;$$

$$t_1 = 1\text{ч}; Q_{1c} = 3602 - 4178e^{-0,95} \sin(32 + 30,5^\circ) - 1511e^{-4,1} = 2138 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_2 = 2\text{ч}; Q_{2c} = 3602 - 4178e^{-1,9} \sin(64 + 30,5^\circ) - 1511e^{-8,2} = 2973 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_3 = 4\text{ч}; Q_{3c} = 3602 - 4178e^{-3,8} \sin(128 + 30,5^\circ) = 3647 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_4 = 8\text{ч}; Q_{4c} = 3602 - 4178e^{-7,6} \sin(256 + 30,5^\circ) = 3604 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_5 = 12\text{ч}; Q_{5c} = 3602 - 4178e^{-11,4} \sin(384 + 30,5^\circ) = 3602 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}.$$

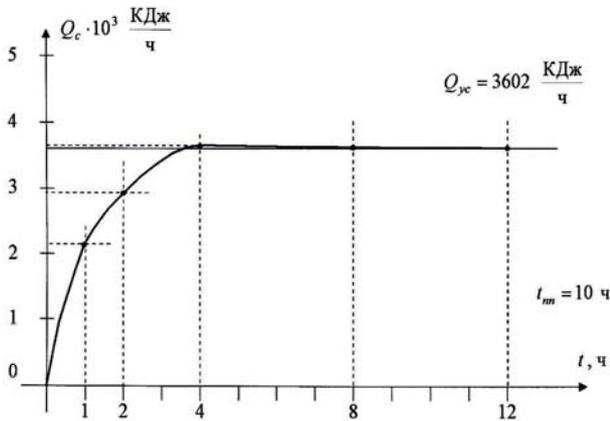


Рисунок 4 – График теплоотдачи пола для свиноматок с учетом запаздывания Паде второго порядка

Запишем решение уравнения шестого порядка, характеризующее теплоотдачу обоих полов

$$Q_{nc}(t) = Q_n(t) + Q_c(t) = 18527 - 21121e^{-0,78t} \sin(25,2t + 29,4^\circ) - 8178e^{-4,94t} + 3602 - 4178e^{-0,95t} \sin(32t + 30,5^\circ) - 1511e^{-4,1t}$$

или объединив установившиеся значения, окончательно получим

$$Q_{nc}(t) = Q_n(t) + Q_c(t) = 22129 - 21121e^{-0,78t} \sin(25,2t + 29,4^\circ) - 8178e^{-4,94t} - 4178e^{-0,95t} \sin(32t + 30,5^\circ) - 1511e^{-4,1t}. \quad (5)$$

Численные значения теплоотдачи можно найти, подставив в (5) значения времени t , или, что проще, просуммировав данные расчета теплоотдачи каждого из полов, получим

$$t_0 = 0; Q_{0nc} = 0;$$

$$t_1 = 1\text{ч}; Q_{1nc} = Q_{1n} + Q_{1c} = 10500 + 2138 = 12638 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_2 = 2\text{ч}; Q_{2nc} = Q_{2n} + Q_{2c} = 14387 + 2973 = 17360 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_3 = 4\text{ч}; Q_{3nc} = Q_{3n} + Q_{3c} = 17811 + 3647 = 21458 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_4 = 8\text{ч}; Q_{4nc} = Q_{4n} + Q_{4c} = 18560 + 3604 = 22164 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_5 = 12\text{ч}; Q_{5nc} = Q_{5n} + Q_{5c} = 18527 + 3602 = 22129 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}.$$

График переходного процесса суммарной теплоотдачи обоих полов приведен на рис. 5

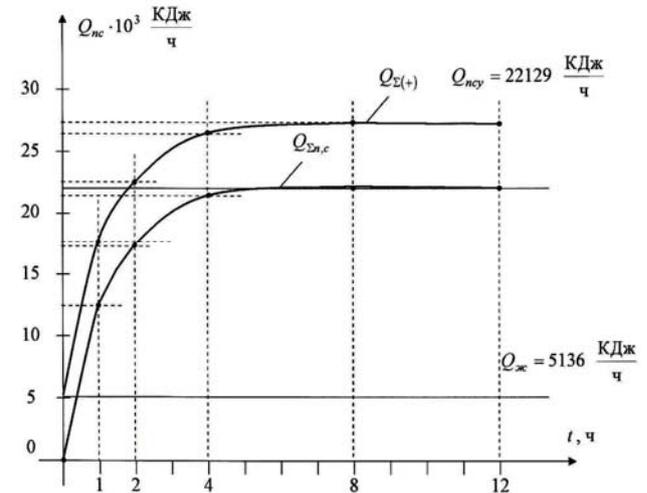


Рисунок 5 – График теплоотдачи обоими полами с учетом запаздывания Паде второго порядка

Найдем полное количество тепла, поступающее в производственное помещение фермы с учетом тепла животных $Q_{ж} = 5136 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}$. Тогда общее количество тепла $Q_{\Sigma(+)}$ будет следующее

$$t_0 = 0; Q_{\Sigma(+0)} = 5136 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_1 = 1ч; Q_{\Sigma(+)} = 5136 + 12638 = 17774 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_2 = 2ч; Q_{\Sigma(+)} = 5136 + 17360 = 22496 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_3 = 4ч; Q_{\Sigma(+)} = 5136 + 21458 = 26594 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_4 = 8ч; Q_{\Sigma(+)} = 5136 + 22164 = 27300 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}};$$

$$t_5 = 12ч; Q_{\Sigma(+)} = 5136 + 22129 = 27265 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}.$$

Далее

$$Q_{\Sigma(+)} = 27265 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}.$$

Выводы. С приведенного материала следует:

1. Обеспечение заданного температурного режима микроклимата в технологически активных зонах животноводческих помещений, с учетом влияния метеорологических условий, является актуальной задачей, решение которой направлено на повышение производительности животных, снижения себестоимости единицы продукции, повышение культуры производства в отрасли, снижение расхода энергетических и кормовых ресурсов.

2. Существующие системы микроклимата животноводческих помещений, работающие по схеме "сверху - вниз" имеют ряд недостатков, в том числе низкая функциональная эффективность, нерациональное использование энергоресурсов, традиционных и нетрадиционных источников.

3. Исследование динамических процессов системы автоматического управления температурными режимами поверхности пола (поросята – 35-39°C, свиноматки – 18-20°C) позволяет определить эффективность работы каждого ее звена, устойчивость системы, а также обосновать конструктивные особенности, элементную базу и закон регулирования автоматического регулятора.

4. Автоматизация системы управления работой силовых нагревательных блоков в процессе формирования стандартных тепловых режимов микроклимата на поверхности пола и на заданной высоте технологически активных зон животноводческого помещения позволяет снизить на 28-30% расход энергоносителей, устранить заболеваемость молодняка животных простудными заболеваниями, снизить отрицательное влияние производственных процессов на окружающую среду, уменьшить на 8-10% расход кормовых ресурсов, улучшить условия труда в отрасли.

5. Эти системы позволяют повышать технологическую безопасность сельскохозяйственных помещений и сооружений с учетом допустимого риска возникновения природных и техногенных катастроф;

получения экологически чистой, конкурентоспособной продукции, а также безопасность процессов и услуг для жизни, здоровья и имущества людей и животных.

Список использованных источников

1. Мартиненко И. И. Автоматизация управления температурно-влажностными режимами с.х. объектов / И. И. Мартиненко. – К.: Колос, 1984. – 152с.

2. Корчемний Н. О. Энергобережения в агропромисловому комплексі / Н. О. Корчемний, В. С. Федоренко, В. С. Щербань. – Тернопіль, 2001. – 984 с.

3. Круковский П. Г. Тепловые режимы полов различных конструкций с электрокабельными системами обогрева / П. Г. Круковский, Н. П. Тимченко, О. Ю. Судак [и др.] // Промышл. Теплотехн. – 2002. – Т. 24. – №1. – С. 10-16.

4. Романченко М. А. Энергозберігаючі електротехнології забезпечення стандартів теплового режиму виробничих споруд АПК з електрообігрівними підлогами / М. А. Романченко, Д. І. Мазоренко, А. П. Слесаренко., О. А. Сорока // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2006. – №2. – С. 82–92.

5. Романченко М. А. Аналітичне прогнозування теплових режимів конструктивних елементів нагрівальних пристроїв систем мікроклімату сільськогосподарських приміщень / М. А. Романченко // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – К., 2002. – №1. – С. 102-106.

Аннотация

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ ЯК ФАКТОРА ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТВАРИН

Романченко М. А., Румянцев А. А.

В роботі представлено результати дослідження перехідних процесів автоматичного керування модулями силових секцій електрообігрівної підлоги в технологічно активних зонах тваринницької споруди

Abstract

ENERGY EFFICIENT ELECTRIC TECHNOLOGIES MICROCLIMATE FORMATION AS A FACTOR OF PRODUCTIVE ANIMALS

M. Romanchenko, A. Rumyantsev

The results of the study of transients automatic control module power sections electrically heated floors in technologically active areas of livestock facilities