

нии с показателями животных, обогреваемых с помощью жидкого теплоносителя. При размещении тёмных инфракрасных обогревателей на высоте 0,7 и 0,8 м от пола для обогрева поросят 35-65- и 66-105-дневного возраста соответственно были созданы наиболее благоприятные условия для содержания животных.

#### Литература

1. Прищепов, М. А. Энергетическая эффективность систем обогрева поросят-сосунов / М. А. Прищепов. – Мн. : БАТУ, 1998. – 92 с.
2. Заболотный, И. И. Сравнительная оценка источников инфракрасного излучения, используемых для локального обогрева поросят / И. И. Заболотный, А. И. Северина // Свиноводство. – К., 1987. – Вып. 43. – С. 68-70.
3. Чукуре, А. Исследование неравномерности облучённости инфракрасными облучателями / А. Чукуре // Тр. ЛСХА. – Елгава, 1980. – Вып. 172. – С. 22-28.
4. Adams, K. Effect of supplemental heat for nursing piglets / K. Adams, T. Baker, A. Jensen // J. Anim. Sci. – 1980. – Vol. 50, № 5. – P. 779-782.
5. Плященко, С. И. Инфракрасное и ультрафиолетовое облучение поросят / С. И. Плященко, И. И. Хохлова ; БелНИИЖ. – Мн. : Ураджай, 1979. – 7 с.
6. Епишков, Е. Н. Система обогрева поросят-сосунов в минимально отапливаемых помещениях / Е. Н. Епишков // Свиноферма. – 2007. – № 7. – С. 43-46.
7. Федин, В. А. Обогрев по принципу солнца / В. А. Федин, А. А. Пенкин // Промышленное и племенное свиноводство. – 2004. – № 1. – С. 51-52.
8. Изучение поведения сельскохозяйственных животных в производственных условиях : методические рекомендации по изучению поведения сельскохозяйственных животных / В. И. Великжанин [и др.]. – Л., 1975. – 55 с.

(поступила 17.03.2016 г.)

УДК 631.172:636

Л.С. ГЕРАСИМОВИЧ<sup>1</sup>, И.П. ШЕЙКО<sup>2</sup>, А.Н. КОСЬКО<sup>1</sup>

### МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ИК-ОБЛУЧЕНИЯ МОЛОДНЯКА ЖИВОТНЫХ

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

<sup>2</sup>РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»

Благоприятная температура внутреннего воздуха в помещениях является важным показателем условий содержания животных. В представленной работе выдвинута гипотеза: управление микроклиматом в животноводческом помещении должно основываться на прямых показателях содержания животных согласно зоогигиеническим требованиям, которыми целесообразно считать поведение и продуктивность животных.

**Ключевые слова:** автоматическое управление, этологический признак, биотехниче-

ская система, информационная модель, IDEF0 диаграмма

L.S. GERASIMOVICH<sup>1</sup>, I.P. SHEYKO<sup>2</sup>, A.N. KOSKO<sup>1</sup>

## MODEL FOR INTELLIGENT CONTROL OF BIOTECHNOLOGICAL SYSTEM OF IR-RADIATION EFFECT ON YOUNG ANIMALS

<sup>1</sup>Belarusian State Agrarian Technical University

<sup>2</sup>RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Animal Husbandry»

The favorable indoor air temperature is an important indicator of animals' welfare. In this study a hypothesis is presented: microclimate control in livestock premises should be based on direct indicators of animals' welfare according to zoology engineering requirements, which are behavior and performance of animals.

**Key words:** automated control, ethological trait, biotechnological system, information model, IDEF0 graph.

**Введение.** Важнейшей проблемой эффективного ведения отрасли свиноводства является сохранность молодняка в самом раннем возрасте. Из всех параметров микроклимата для создания комфортных условий поросётам наиболее подверженным к изменениям является температура воздуха.

Особенно требовательны к оптимальному температурному режиму поросёта на дорастивании. Для поддержания у них на физиологическом уровне теплообмена необходимо создавать микроклимат, более щадящий, чем микроклимат для взрослых животных. С этой целью применяются различные способы локального обогрева.

В последнее время для отопления свинарников-маточников часто применяется локальный инфракрасный (ИК) обогрев, что и стало темой наших исследований.

**Материал и методика исследований.** Исследования по изучению использования локальных инфракрасных (ИК) обогревателей в свинарниках-маточниках проводили в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» на поросётах-отъёмышках в возрасте с 30 до 60 дней.

В экспериментах изучали режимы использования ИК-обогревателей при выращивании поросётов, влияние различных источников обогрева на показатели сохранности, среднесуточного прироста и общего развития поросётов.

**Результаты эксперимента и их обсуждение.** Полученные результаты исследований по использованию ИК-обогревателей с локальной аэронизацией при выращивании поросётов обеспечивало в зоне нахождения животных оптимальные параметры микроклимата, в результате чего сохранность их повышалась на 17-22 %, а среднесуточный прирост – на 8-12 %.

При сравнении различных источников локального обогрева поро-

сят-отъёмышей лучшими по показателям сохранности, среднесуточным приростам живой массы и общему развитию животных оказались комбинированные установки ИКУФ-1М. Отмечено, что применение облучателей ИКУФ позволило сократить расход электроэнергии на 58 % по сравнению с лампами ОКБ-1376А (белый свет) и на 34 % с лампами ИКЗ-500.

Биотехнической системой (БТС) можно считать такой технологический процесс, который имеет в технологической цепочке живые организмы [1].

Существуют различные подходы к определению и классификации поведения. Наиболее распространённым является модель, представляющая поведение как сумму ряда его проявлений применительно к рассматриваемым и требуемым условиям:

- распределение животных по площади пола;
  - спектр звуков, издаваемых животными;
  - скорость и преимущественные направления движения животных;
  - количество потребляемой воды и корма в единицу времени и т. д.
- Рассмотрим БТС ИК-облучения животных (поросят-отъёмышей).

Примем следующие обозначения:

1.  $X_i$  – этологический признак в момент  $i$ ,  $i=0...n$ ;
2.  $Z_j$  –  $j$ -тое воздействие технической системы, влияющее на состояние и поведение биологической системы,  $j=1...m$ ;
3.  $Y_j$  – показатель качества управления в момент времени  $j$ .

Контекстная диаграмма функционирования БТС ИК-облучения животных выглядит следующим образом (рисунок 1):

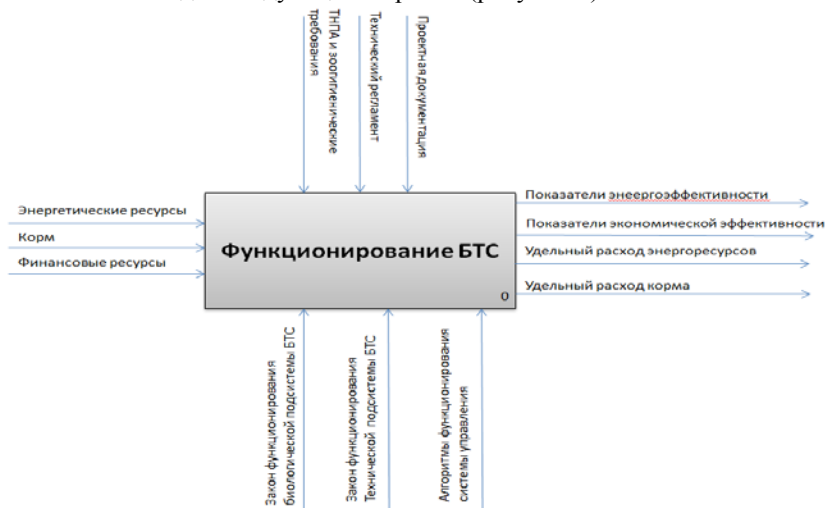


Рисунок 1 – Контекстная IDEF0 диаграмма функционирования БТС

В общем случае БТС включает функционирование следующих объектов биологического объекта, технического объекта и системы интеллектуального управления (рисунок 2).

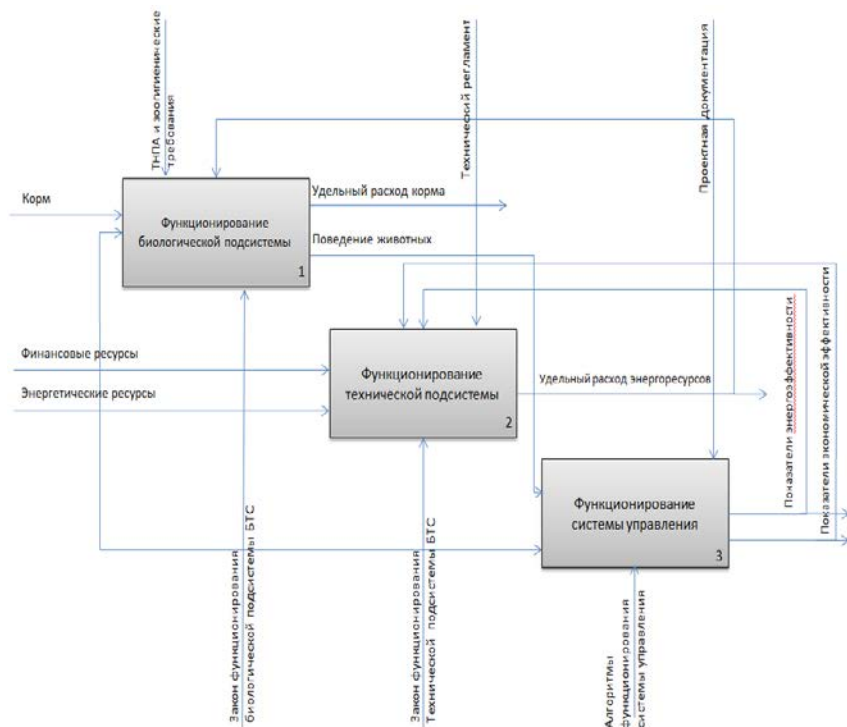


Рисунок 2 –Дочерняя IDEFO диаграмма функционирования БТС

Атрибутом биологического объекта является способность к адаптации. Математически адаптация может быть представлена как рекурсия, то есть такая ситуация, когда текущее состояние системы зависит от предыдущего. Символически можно записать:

$$\{X_{n,i+1}\} = f(\{X_{n,i}\}) \quad (1)$$

где  $\{X_{n,i}\}$  – полный набор параметров поведения в момент  $i$ ,  $i=0...n$ .

Иными словами  $n$ -ный параметр поведения в момент  $i$  зависит от своего предыдущего состояния.

Принятая зависимость (1) является базовой для создания контура управления по этологическим признакам животных.

Целью БТС является обеспечение оптимальной энергоэффективности функционирования  $EF$ , что можно записать следующим образом:

$$EF=f(X_{n,i}) \rightarrow opt,$$

$$EF= \frac{\sum O}{\sum W} ,$$

где  $X_{n,i}$  –  $n$ -ный параметр поведения (этологический признак) в момент времени  $t$ ,

$\sum O$  – суммарный текущий объем произведенной продукции к периоду времени от 0 до  $t$ , тонн,

$\sum W$  – суммарный текущий расход затраченной энергии на производство продукции, т.т.

Система уравнений, связывающих блоки БТС, в общем виде выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} Y_j = f(X_{n,i}), \\ Z_j = f(Y_j), \\ X_{n,i+1} = f(Z_j), \\ EF = f(X_{n,i}) \rightarrow opt \end{cases} \quad i = 0 \dots n, j = 1 \dots m \quad (2)$$

Подставив второе уравнение системы (3) в третье, а первое во второе, получим:

$$X_{n,i+1} = f(Z_j(Y_j(X_{n,i}))) \quad (3)$$

$$\text{или } X_{n,i+1} = f(X_{n,i}),$$

то есть получим уравнение (1).

Распределение животных по площади пола  $\rho_m$  – это признак, который, как показывает опыт наблюдений [2, 3], является одним из ключевых, наиболее полно говорящих о степени комфорта животных под ИК-облучателем.

Так как работать непосредственно с величиной  $\rho_m$  технически не представляется возможным, для анализа оптимальности содержания будем оперировать величиной проекции тел поросят на площадь пола. Известно, что площадь тела животного (а соответственно и площадь проекции тела на площадь пола) зависит от его массы, что выражается эмпирическими зависимостями [2].

Алгоритм работы системы управления облучением выглядит следующим образом (секция обогревается одним облучателем). Для рассмотрения принят облучатель сферической конструкции.

Камера, расположенная на заданной высоте от поверхности пола, обеспечивающей полный обзор поверхности, фиксирует положение животных на фотоснимке.

Полученное от камеры изображение схематично можно изобразить следующим образом (рисунок 3):

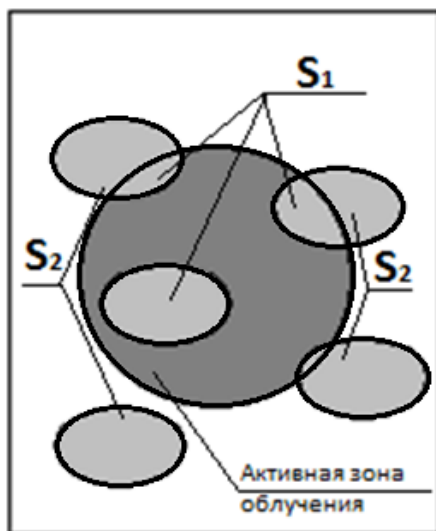


Рисунок 3 – Схема обработки изображения

Далее программа сравнивает числа  $S_1$  и  $S_2$ , чтобы определить необходимо ли общее понижение или повышение интенсивности облучения в помещении, где  $S_1$  – суммарная площадь проекций тел поросят вблизи облучателя (заштрихована более темным цветом),  $S_2$  – суммарная площадь проекций тел поросят поодаль облучателя.

Температура в активной зоне облучения при нормальной работе системы будет выше, чем вне её. Соответственно, если животные преимущественно будут находиться вне этой зоны, это будет значить, что животным жарко. Если условия содержания благоприятны, животные преимущественно будут располагаться внутри зоны активного облучения. Данное обстоятельство эквивалентно неравенству  $S_1 - S_2 > \Delta S$ . Если данное неравенство выполняется, будем считать, что условия содержания благоприятны. Физически данной интерпретации поведения животных соответствует такая физическая терморегуляция, при которой теплопотери животного минимальны.

Положим, что имеет место случай, когда  $S_1 < S_2$ . Это значит, что животным жарко. Если же  $S_1 > S_2 + \Delta S_1$ , причём  $\Delta S_1 > \Delta S$ , это значит, что животным холодно. Согласно полученным результатам, интенсивность облучения понижается либо повышается на величину  $\Delta q$ .

Данные операции повторяются снова через интервал времени  $\Delta t$ , представляющий собой важность системы управления, которая определяется инерционностью БТС.

Такой принцип интеллектуального управления позволяет опти-

мально обеспечивать комфортные условия содержания животных в режиме реального времени в связи с тем, что поведенческая функция животного включается обратной связью непосредственно в систему управления.

Данная система позволит более объективно и качественно оценивать благоприятность условий содержания животных и повысить энергоэффективность процесса управления микроклиматом [4], а также повысить качество работы зоотехнической службы.

**Заключение.** Проведённые исследования позволили установить эффективность использования в свиноводстве ИК-обогревателей, которые способствуют увеличению сохранности, среднесуточных приростов живой массы и общего развития поросят-отъёмышей.

#### Литература

1. Биотехнические системы. Теория и проектирование : учебное пособие / под ред. В. М. Ахутина. – Л. : ЛГУ, 1981. – 220 с.
2. Растимешин, С. А. Локальный обогрев молодняка животных (теория и технические средства) / С. А. Растимешин. – М. : Агропромиздат, 1991. – 140 с.
3. Прищепов, М. А. Энергетическая эффективность систем обогрева поросят-сосунов / М. А. Прищепов. – Минск : БАТУ, 1998. – 91 с.
4. Энергоэффективность аграрного производства / [В. Г. Гусаков и др.] ; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Л. С. Герасимовича ; Нац. акад. наук Беларуси. – Минск : Беларуская навука, 2011. – 776 с.

(поступила 25.03.2016 г.)

УДК 637.112

М.М. ДОЛГАЯ, Н.П. РУСЬКО, Е.Г. ЧУШАК

## СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В МОЛОКЕ КОРОВ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ И ОРГАНИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Институт животноводства НААН Украины

В статье приведены данные по содержанию микроэлементов в молоке коров в зависимости от сезона года и типа ведения хозяйства. Экспериментально доказана тенденция к снижению уровня тяжёлых металлов в молоке, произведённом в условиях хозяйств с технологией органического земледелия.

**Ключевые слова:** микроэлементы, молоко коров, сезона года, органическое земледелие.