

4. Panovko, Ya. G. Vvedenie v teoriyu mekhanicheskikh kolebanij Uchebnoe posobie dlya vuzov / Ya. G. Panovko. – M.: Nauka, 1991. – 256 s. – Tekst: neposredstvennyj.

5. Panovko, Ya. G. Vvedenie v teoriyu mekhanicheskogo udara / Ya.G. Panovko. – M.: Nauka, 1977. – 224 s. – Tekst: neposredstvennyj.

6. Mel'nikov, S. V. Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodcheskikh ferm / S. V. Mel'nikov. – L.: Kolos. Leningrad otdelenie, 1978. – 560 s. – Tekst: neposredstvennyj.

7. Kormodrobilki: konstruktsiya, raschet / pod redaktsiej G. S. Yalpachik. – Zaporozh'e: Kommunar, 1992. – 292 s. – Tekst: neposredstvennyj.

8. Gernet, M. M. Kurs teoreticheskoy mekhaniki / M. M. Gernet. – M.: Vysshaya shkola, 1973. – 464 s. – Tekst: neposredstvennyj.

◆ ◆ ◆

УДК 621.365

**В.В. Садов, Н.И. Капустин, В.Н. Капустин**  
V.V. Sadov, N.I. Kapustin, V.N. Kapustin

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОБОГРЕВА ПОРОСЯТ  
ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ  
В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛА**

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE PIGLET HEATING SYSTEM BY APPLYING FEEDBACK  
IN THE AUTOMATIC FLOOR TEMPERATURE CONTROL SYSTEM**

**Ключевые слова:** свиноводство, подсосный период, энергозатраты, температурный режим, излучение, теплообмен.

Свиноводство, являясь высокоэффективной отраслью, требует значительных затрат энергии для содержания молодняка. Эти энергозатраты не всегда обоснованы, так как, применяя лучевой способ обогрева, можно создать комфортную температуру воздуха, но не обеспечить комфортную температуру пола за счет контактного теплообмена. Это приводит к перерасходу энергии, заболеванию и гибели поросят. Проблема энергозатрат особенно остро проявляется на территориях с низкими наружными температурами в зимний период, к которым и относится Алтайский край. Применяемые способы создания комфортной температуры на частном подворье не применимы для промышленного производства. Поросятам после рождения на становление механизма терморегуляции требуется определенное время, причем температура в первые дни должна быть достаточно высокой, поэтому используют различные способы локального обогрева – конвективный, кондуктивный и лучевой. Каждый из способов имеет преимущества и недостатки. Поэтому целесообразно использовать поведенческие реакции поросят для управления тепловым процессом, что позволит не только создать для них ком-

фортные условия, но и снизить энергозатраты. Предлагаемая система включает сектор обогрева с дном, размещенный в секторе для свиноматки. На дне с помощью упоров закреплен подпружиненный пол с вмонтированными в последнем нагревательными элементами. Пол имеет возможность взаимодействия с датчиками положения пола. Нагревательные элементы через исполнительные механизмы и регулятор температуры связаны с блоком управления. В центре домика на дне установлен дополнительный нагревательный элемент, связанный через исполнительный механизм также с блоком управления. Введение обратной связи позволит снизить энергозатраты до минимально достаточной величины.

**Keywords:** pig breeding, suckling period, energy consumption, temperature regime, radiation, heat exchange.

Pig breeding, being a highly efficient industry, requires significant energy costs for the maintenance of young animals. These energy costs are not always justified, since using the beam heating method, you can create a comfortable air temperature, but not provide a comfortable floor temperature due to contact heat exchange. It leads to a waste of energy, diseases and deaths of piglets. The problem of energy consumption is

particularly acute in areas with low outdoor temperatures in winter, which includes the Altai Territory. The methods used to create a comfortable temperature on a private farmstead are not applicable for industrial production. Newborn piglets require a certain time for the formation of the thermoregulation mechanism, and the temperature in the first days should be high enough that is why different methods of local heating are used – convective, conductive and radiation. Each method has advantages and disadvantages. Therefore, it is advisable to use the behavioral reactions of piglets to control the thermal process, which will not only create comfortable condi-

tions for them, but also reduce energy consumption. The proposed system includes a bottom heating area located in the sow sector. At the bottom, with the help of stops, a spring-loaded floor is fixed with heating elements mounted in the latter. The floor has the ability to interact with floor position sensors. The heating elements are connected to the control unit via actuators and a temperature controller. In the center of the pen, there is an additional heating element on the bottom connected through the actuator also with the control unit. The introduction of feedback will reduce energy consumption to a minimum sufficient value.

**Садов Виктор Викторович**, д.т.н., ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: sadov.80@mail.ru.

**Капустин Николай Игнатьевич**, к.т.н., г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: sadov.80@mail.ru.

**Капустин Виктор Николаевич**, к.т.н., директор ООО «Бизнес Решения», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: sadov.80@mail.ru.

**Sadov Viktor Viktorovich**, Dr. Tech. Sci., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: sadov.80@mail.ru.

**Kapustin Nikolai Ignatyevich**, Cand. Tech. Sci., Barnaul, Russian Federation, e-mail: sadov.80@mail.ru.

**Kapustin Viktor Nikolayevich**, Cand. Tech. Sci., ООО «Biznes Resheniya», Barnaul, Russian Federation, e-mail: sadov.80@mail.ru.

### Введение

Высокая воспроизводительная способность и динамика прироста живой массы сделали свиноводство одной из ведущих отраслей сельского хозяйства. Но в отличие от крупного рогатого скота и овец свиньи являются конкурентом человека не только в питании, но и в потреблении энергии. Основные энергозатраты происходят при выращивании молодняка подсосного периода, причем зачастую они не обоснованы. Наиболее широко применяют лучевой и контактный способ обогрева поросят. Это обусловлено тем, что, с одной стороны, стремятся брудерами (лучевой способ) создать комфортную температуру воздуха, но не обеспечивают комфортную температуру пола (контактный теплообмен). При содержании на обогреваемых полах не учитывают конвекцию воздуха (конвективный способ). Имеющиеся противоречия ведут не только к повышенным энергозатратам, но и к заболеванию и гибели поросят. До сих пор не разработано устройство, максимально реализующее достоинство известных способов и позволяющее в большей мере устранить недостатки существующих технических решений, используемых в производстве. Проблема энергозатрат особенно остро

проявляется на территориях с низкими наружными температурами в зимний период, к которым и относится Алтайский край. Возможно, возникнет вопрос о несостоятельности проблемы при использовании для нагрева вместо электроэнергии природного газа, но с его применением усложняется не только конструктивное исполнение локальных устройств обеспечения микроклимата, но и повышается опасность жизнедеятельности. Актуальность работы заключается в решении проблемы обеспечения основных параметров микроклимата в секции для поросят молочного периода обогрева, что позволит снизить энергозатраты на производство продукции животноводства.

**Целью** работы является повышение степени использования тепла от системы электронагрева путем автоматического регулирования степени использования различных способов теплопередачи в зависимости от поведенческих реакций животных.

### Объекты и методы исследований

Проведем анализ способов и средств формирования температурного режима в секции для поросят молочного периода выращивания. В отличие от диких животных, находящихся в

своей среде обитания, одомашненные, причем полученные в результате искусственной селекции, не могут воспроизводить и выращивать потомство без специальных условий. В природе и в крестьянских хозяйствах опорос свиноматок происходит в весенний период года.

При этом животные приспособились и к возможно низкой температуре воздуха. Так, ложась на брюхо и поджав ноги, поросенок на 40% снижает теплоотдачу, а ложась плотно друг к другу, группа животных снижает теплоотдачу до 80%. Кроме того, в природе животное делает логово, защищающее от ветра и атмосферных осадков, причем логово закрыто не только сверху и боков, но и пол устлан ветками и травой. Это наиболее наглядно мы наблюдаем у птиц.

На частном подворье опытный хозяин делает для поросят в отдельной секции теплую подстилку из соломы, а саму клетку для свиней полностью изолирует от других животных и птицы (крупного рогатого скота, овцы, куры). Причем клетка имеет свой утепленный потолок, над которым располагают нашествы для кур, что позволяет снизить теплопотери клетки, повысить степень использования помещения и для птицы, создается подогреваемый ниже расположенными свиньями пол. Подстилка имеет низкую теплопроводность, и даже при промерзании пола теплопотери животного на пол незначительны. Кроме того, поросята при снижении температуры воздуха зарываются в солому. Интересно наблюдать их поведение с повышением температуры, вначале из соломы показываются только хребты, затем весь поросенок. Возле свиноматки поросята находятся только в первые дни после опороса, а впоследствии ведут себя достаточно самостоятельно. Да и свиноматки ведут себя по-разному: могут случайно задавить поросят, а некоторые (видимо, при неправильном рационе кормления) и съесть.

### Результаты исследования

В промышленном свиноводстве такая технология экономически нецелесообразна. Вос-

производство должно происходить в соответствии с технологическим графиком вне зависимости от погодных условий. Даже животные, адаптированные к условиям Сибири, остро реагируют в зимний период на низкие температуры, что говорит о свиньях, особенно поросят молочного периода. Поросятам после рождения на становление механизма терморегуляции требуется определенное время, причем температура в первые дни должна быть достаточно высокой. Рекомендации по температуре для свиноматки и поросят в этот период значительно отличаются. Температуру приточного воздуха для общеобменной вентиляции рекомендуют 20°C [1-3], но если для свиноматки комфортной температурой является от 14 до 20°C, то для поросят после рождения – более 30°C с последующим понижением по мере их подрастания [4]. Существует мнение о создании стрессовых температур для запуска механизма выживания, но в промышленном свиноводстве создают для поросят только комфортные условия, используя различные способы локального обогрева – конвективный, кондуктивный и лучевой.

Конвективный способ применяется в общеобменной вентиляции. Достоинством способа является простота конструктивного исполнения и эксплуатации, малая материалоемкость. В комплектацию обычно входят шахты забора и удаления воздуха, теплообменники, вентиляторы, воздуховоды, система управления. Эффективность общеобменных систем зависит как от способа организации воздухообмена, так и правильности подбора оборудования для его реализации.

Недостатком конвективного способа является создание единого температурного поля по всей площади помещения при естественном тепловом режиме помещения, причем в каждой клетке индивидуально. В клетке для поросят необходимо кондиционирование микроклимата, т.е. режим, регулируемый по иному алгоритму, чем для свиноматок.

Лучевой способ применяется для локального обогрева. Инфракрасные излучатели подразделяют на «светлые» и «темные». «Светлые» лампы типа ИК3220-500 имеют стеклянную колбу со спиралью, имеющей температуру ниже, чем у обычных осветительных ламп, и отражатель (спектральный диапазон излучения 750-2500 нм). Темные типа ОКБ 1376А (ТЭН) выполнены в виде нихромовой проволоки уложенной в огнестойкой изоляционной массе в металлическую гильзу (спектральный диапазон излучения (1400-10000 нм). Эффект воздействия на животных у «светлых» и «темных» ламп различен, так как длинноволновое излучение поглощается поверхностными слоями кожи. Коротковолновое проникает в подкожные слои, где его энергия превращается в тепловую, что усиливает кровообращение. Рекомендуемая высота подвеса нагревателей 0,7-0,8 м. Рекомендации по длительности включения у одних авторов 90 мин. с паузой 30 мин., а у других авторов – 45 и 15 мин. соответственно [5, 6].

Достоинством лучевого способа является простота конструктивного исполнения и малые затраты на внедрение. Активизация биологических процессов и обмена веществ способствует возрастанию сопротивляемости простудным заболеваниям, и в итоге увеличиваются сохранность и прирост живой массы молодняка. Отмечено положительное влияние и на нервную систему, а через нее на внутренние органы.

Недостатком лучевого способа является обогрев животных сверху и возможность регулирования температуры только путем удаления лампы от животных, что зачастую не обеспечивает комфортных условий для поросят и ведет к дополнительным энергозатратам.

Кондуктивный способ обогрева (теплопроводность, контактный). В качестве контактных обогревателей используют переносные коврики или стационарные плиты.

Достоинством контактного способа является высокая эксплуатационная надежность и качество регулирования.

Недостатком этого способа в данном варианте можно считать вероятность возникновения конвективных потоков за счет разности температуры пола при отсутствии каких-либо препятствий. Примером этому может служить содержание поросят в совхозе «Подстепновский» Ребрихинского района Алтайского края. В 1983 г. в свинарнике-маточнике были смонтированы подогреваемые полы, но падеж поросят достиг 40%. Исследования, проведенные лабораторией «Зоогиены» Алтайского НИПТИЖ, позволили выявить, что причиной стали горизонтальные конвективные потоки от холодных не обогреваемых поверхностей к теплым, т.е. создается эффект сквозняка со всеми вытекающими последствиями. Падеж удалось сократить установкой домиков для поросят.

В АО «Антипинское» Тогульского района Алтайского края в свинарнике-маточнике выполнена общеобменная естественная система вентиляции с тремя приточными пятью вытяжными устройствами. Температурный режим обеспечивается трубными регистрами с водным теплоносителем, приложенными по продольным стенам помещения под и над окнами. Локальная система обогрева поросят в настоящее время осуществлена лучевым способом с применением инфракрасных (ИК) ламп мощностью 175-250 Вт на одну секцию для поросят (рис. 1). Степень нагрева зоны нахождения поросят может регулироваться высотой подвеса ламп ИК. Режим работы ламп непрерывный. Расчетные энергозатраты на свинарник-маточник 624 кВт/ч. В проекте предусматривались и были выполнены подогреваемые полы, которые в настоящее время не функционируют.

На рынке сельскохозяйственного оборудования представлен широкий ассортимент оборудования в комплексе и отдельными составляющими. Так, «Агромолтехника» (г. Ижевск, Новосибирск) может осуществлять как строительство с установкой оборудования «под ключ», так и поставку отдельных секций или элементов [7].



В варианте «Агромолтехника» сектор для содержания опоросных свиноматок выполнен из пустотелого пластика, внутри которого установлены станок для свиноматки и домик для поросят. Свиноматку переводят в сектор за 1 неделю до опороса и держат там 4 недели после опороса. В состав комплекта сектора входят лучевой обогреватель в виде инфракрасной лампы, обогревательная плита и блок управления. Вероятно, этот вариант наиболее приемлем для условий Сибири. Однако слишком высокие температуры вредны для становления механизма терморегуляции не менее чем низкие, причем у животных снижается аппетит, соответственно, прирост живой массы. Кроме этого управление температурным режимом по заданной программе не учитывает поведенческие реакции, физиологические особенности данной породы животных и динамику прироста живой массы. Нагреватели остаются включенными и при отсутствии поросят в зоне их действия, а система управления не имеет обратной связи с поведением поросят, что ведет к дополнительным энергозатратам.

Аналогичное оборудование поставляется фирмой «Lammers» (Германия). Фирма «Lammers» поставляет родильные клетки в широком ассортименте по прямой и диагональной системе и в соответствии с требуемыми размерами. Секция для поросят может быть снабжена плитой с водяным отоплением 80x80 из стеклополимерного бетона или терморешетками МІК. В данном варианте также реализован кондуктивный способ обогрева.

Поросенок является объектом с определенной массой, формой и размерами. Форма близка к цилиндрической. В период становления механизма терморегуляции обратная реакция организма на воздействие внешней среды постоянно меняется, причем поросенок имеет возможность выходить из зоны воздействия нагревателей. Поэтому для упрощения имеет смысл рассмотреть процесс на базе технической термодинамики только в период нахождения животного в зоне нагревательных элементов.



**Рис. 1. Свиарник-маточник  
в АО «Антипинское»**

Процесс переноса теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение (радиация). Природа процессов различна, соответственно, и характеризуется различными законами. Совокупность всех трех видов переноса теплоты считают сложным теплообменом, представляющим собой трудную в решении задачу. Поэтому принято рассматривать их вначале отдельно, а затем производят расчет сложного теплообмена.

Интенсивность процессов теплообмена характеризуется тепловым потоком  $\Phi$  или его плотностью, а температурное состояние системы тел – температурным полем. Тепловой поток  $\Phi$  – количество теплоты, передаваемое в единицу времени через произвольную поверхность (Вт). Тепловой поток, приходящийся на единицу площади поверхности, называется поверхностной плотностью теплового потока  $q$  (тепловая нагрузка) (Вт/м<sup>2</sup>). Это важный показатель как в технике, так и в рассматриваемой ситуации. В технике превышение этого показателя нормативной величины ведет к созданию аварийной ситуации (кипение котла), а животное перегревается или переохлаждается. Тепловые потоки возникают только при наличии разности температур  $\Delta T = T_1 - T_2$  (температурный напор). Молодняк животных особенно чувствителен к температурным полям в зоне нахождения. Температурное поле – распределение мгновенных значений температур во всех точках изучаемого пространства. Температурное поле, во всех точках которого или в некоторых из них температура изменяется во времени, является нестационарным. В нашем случае температура изменяется как в течение суток, так и по мере увеличения возраста поросят, т.е. явно нестационарное температурное поле.

Для численной оценки изменения температуры в каком-то направлении используют температурный градиент (закон Ж. Фурье):

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx}. \quad (1)$$

Коэффициент пропорциональности  $\lambda$  в формуле (1) имеет размерность Вт/(м<sup>2</sup> К) и называется коэффициентом теплопроводности. Коэффициент теплопроводности у жидкостей (0,1-0,7 Вт/м<sup>2</sup>К), кроме воды и глицерина, уменьшается с ростом температуры, а как у животного?

Допуская, что кожа поросенка после рождения не имеет жировой прослойки, т.е. однородна, процесс передачи теплоты рассмотрим как через плоскую однородную стенку толщиной  $\delta$  с постоянным коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  [8]. На коже и под ней поддерживается постоянная температура  $T_1$  и  $T_2$ . Тогда количество теплоты  $Q$ , Дж, передаваемое через кожу площадью  $S$  за время  $\tau$  при установившемся режиме, определится известной формулой

$$Q = \frac{\lambda S \tau (T_1 - T_2)}{\delta} = \frac{S \tau (T_1 - T_2)}{\frac{\delta}{\lambda}}, \quad (2)$$

где  $\frac{\lambda}{\delta}$  – тепловая проводимость;

$\frac{\delta}{\lambda} = R$  – термическое сопротивление кожи.

Поверхностная плотность теплового потока составит

$$q = \frac{\delta}{\lambda} (T_1 - T_2). \quad (3)$$

Кожа многослойна, причем толщина и структура слоев с возрастом меняются, и в этой ситуации приемлема следующая формула

$$Q = \frac{S \tau (t_{ci} - t_c (n+1))}{\sum_i^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}, \quad (4)$$

где  $\delta$ ,  $\lambda$  – толщина и коэффициент теплопроводности слоя.

Теплопроводимость кожи поросенка можно свести к известной задаче о теплопроводности стенки цилиндрической трубы [5], но приняв стенку многослойной.

На кожу поросенка воздействует конвективный поток, причиной которого является температурный напор  $T$ . Расчет конвективного теплообмена ведется по формуле Ньютона:

$$q = a\Delta T, \quad (5)$$

где  $a$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup> К.

Эффективность теплообмена поверхности объекта со средой рассчитывают по критерию Био

$$B_i = al / \lambda \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}), \quad (6)$$

где  $a$  – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности объекта охлаждающей среде, Вт/(м<sup>2</sup> К);

$l$  – половина толщины продукта, в конкретном случае половина толщины поросенка, м;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности продукта, Вт/(м<sup>2</sup> К);

$$\lambda = n_1 + m_1 / t,$$

где  $n_1$  и  $m_1$  – постоянная теплопроводности продукта. Для мяса свиней  $n_1 = 3,36$ ,  $m_1 = 155$ .

Принято допущение, т.к. для живого организма данные отсутствуют, и, видимо, рассчитывать теплообмен по критерию Био не имеет смысла.

Анализ показывает, что теоретическим путем решить вопрос о создании комфортных условиях для поросят-сосунов в период становления механизма терморегуляции невозможно. Термодинамика не изучает законы взаимных превращений энергии биологических процессов живых организмов в работу и т.п. Кроме того, неизвестна ответная поведенческая реакция живого организма на температуру в динамике роста и становления механизма терморегуляции. По мнению П. Капицы, широкое применение находят только те теоретические зависимости, которые могут использовать практики, т.е. максимально упрощенные, но позволяющие объяснить суть явления и с достаточной точностью рассчитать процесс.

С учетом изложенного на данном этапе целесообразно использовать поведенческие реакции поросят для управления тепловым процессом, что позволит не только создать для них комфортные условия, но и снизить энергозатраты. Это дает возможность в дальнейшем разработать алгоритм управления системой

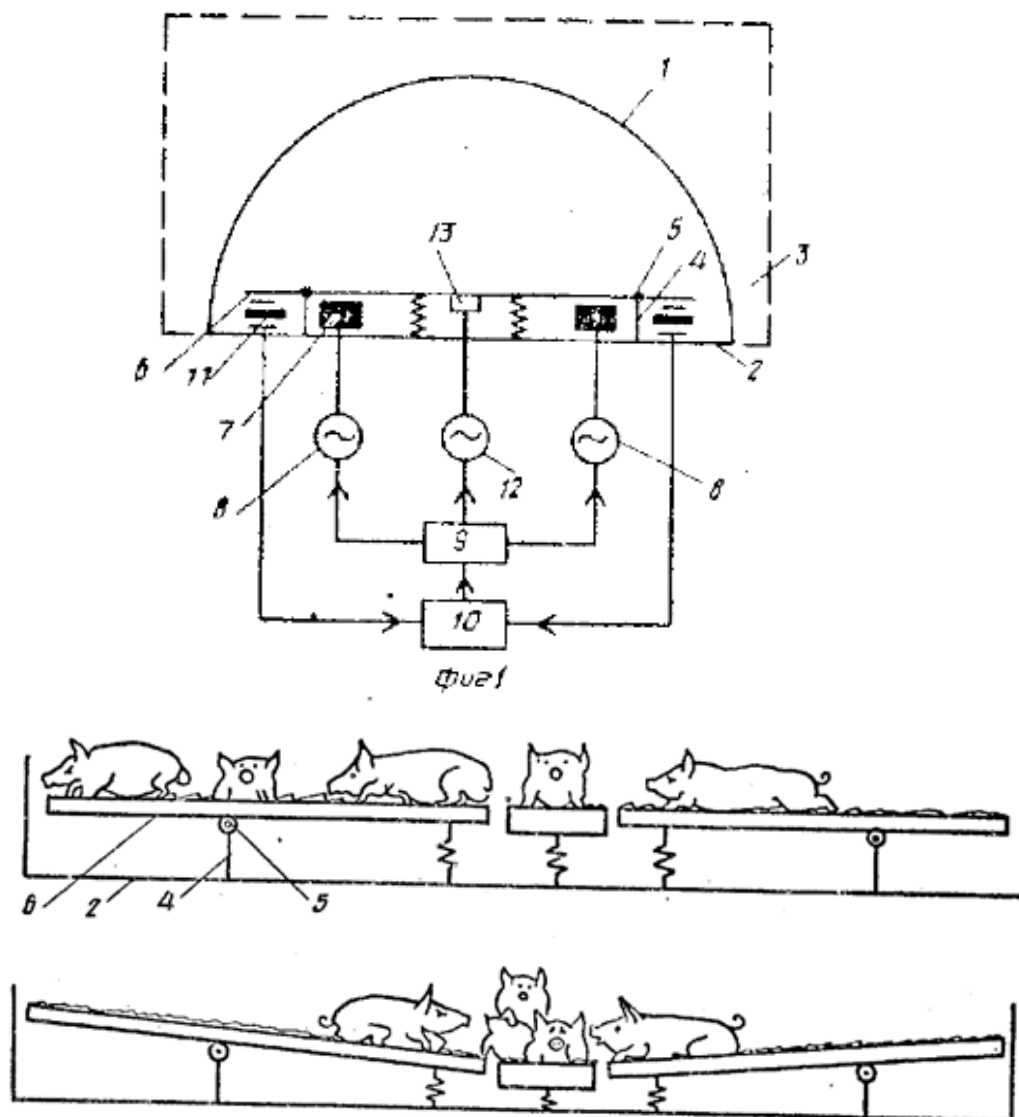
регулирования микроклимата в клетке для поросят.

Для снижения энергозатрат нами разработана система регулирования температуры пола в домике для поросят, учитывающая поведенческие реакции и динамику прироста живой массы животных (А.с. № 1352156) [9].

Система (рис. 2) включает сектор обогрева 1 (домик) с дном 2 (пол), размещенный в секторе 3 для свиноматки. На дне с помощью упоров 4, оснащенных шарнирами 5, закреплен подпружиненный пол 6 с вмонтированными в последнем нагревательными элементами (НЭ) 7. Пол 6 имеет возможность взаимодействия с датчиками положения 11 пола. НЭ через исполнительные механизмы 8 и регулятор 9 температуры связаны с блоком управления 10. В центре домика на дне 2 установлен дополнительный нагревательный элемент (ДНЭ) 13 связанный через исполнительный механизм 12 также с блоком управления 9.

Работа системы происходит следующим образом.

*Вариант 1.* Поросята находятся в домике в первые дни после рождения, и температура для них ниже комфортной. Дополнительный нагревательный элемент (ДНЭ) 13 имеет температуру на несколько градусов выше, чем основной НЭ 7. Поросята стремятся сосредоточиться в зоне ДНЭ 13. Пол 6, преодолевая противодействие пружин, поворачивается на некоторый угол относительно дна 2 на шарнирах 5, прикрепленных жестко упорами 4 к вышеназванному дну. Изменяя свое положение, пол 6 взаимодействует с датчиком положения 11. Сигнал от датчика положения 11 определенной величины и знака подается на один из входов блока управления 10. Блок управления 10 в соответствии с заданным алгоритмом управления вырабатывает сигнал управляющего воздействия и подает его на исполнительные механизмы 8. Исполнительные механизмы 8 в данном примере увеличат через НЭ 7 температуру пола 6.



**Рис. 2. Система регулирования температуры пола**

*Вариант 2.* Температура выше комфортной. При температуре выше комфортной поросята рассредоточатся по всему полу или покинут домик. Пол 6 примет исходное положение. Сигналы от датчиков положения 11 поступят в блок управления 10, и последний в соответствии с заданным законом регулирования через исполнительные механизмы 8 или снизят температуру НЭ 7, или выключат их. ДНЭ 13 остаются включены и служат ориентиром для поросят, где имеют возможность согреться.

Введение обратной связи позволит снизить энергозатраты до минимально достаточной величины.

### Выводы

1. В свинарниках-маточниках для обогрева поросят – сосунов в Алтайском крае применяют лучевые и теплообменные устройства в виде инфракрасных ламп или подогреваемых полов, причем управление процессом нагрева зоны отдыха поросят по временной программе не учитывает особенностей животных и ведет к повышенным энергозатратам.

2. Теоретический анализ теплообменных процессов показал, что температурное поле в зоне нахождения поросят нестационарное. Необходимо минимизировать конвективный способ переноса тепла, отдав предпочтение теплопроводности и излучению с использованием инфракрасных обогревателей и подогреваемых полов.



3. Ввиду нестационарности температурного поля и непрогнозируемости поведенческих реакций поросят в процессе становления механизма терморегуляции расчетным путем получить характеристики системы обогрева не представляется возможным.

4. Предложенная система обогрева зоны отдыха поросят с включением в управление обратной связи позволяет создать более комфортные условия и снизить энергозатраты.

5. Для разработки алгоритма управления микроклиматом в клетке для поросят необходимо проведение эксперимента на физической модели с натурной проверкой в производственных условиях.

#### Библиографический список

1. Мотес, Э. Микроклимат животноводческих помещений / Э. Мотес; перевод с немецкого. – Москва: Колос, 1976. – 189 с. – Текст: непосредственный.

2. Баланин, В. И. Микроклимат животноводческих зданий / В. И. Баланин. – Санкт-Петербург: Профикс, 2003. – 140 с. – Текст: непосредственный.

3. Лебедь, А. А. Микроклимат животноводческих помещений / А. А. Лебедь. – Москва: Колос, 1984. – 199 с. – Текст: непосредственный.

4. Голосов, И. М. Микроклимат животноводческих ферм / И. М. Голосов. – Ленинград: Лениздат, 1974. – 118 с. – Текст: непосредственный.

5. Зоогигиенические нормативы для животных: справочник / Г. И. Волков, В. М. Репин, В. И. Большакова [и др.]; под редакцией Г. И. Волкова. – Москва: Агропромиздат, 1986. – Текст: непосредственный.

6. Мурусидзе, Д. Н. Установки для создания микроклимата на животноводческих фермах / Д. Н. Мурусидзе, А. М. Зайцев, Н. А. Степанова [и др.]. – Москва: Колос, 1979. – 325 с. – Текст: непосредственный.

7. Агромолтехника. – URL: <http://agro.su/> (дата обращения: 12.01.2021). – Текст: электронный.

8. Гидравлика, пневматика и термодинамика: курс лекций / под редакцией В. М. Филина. –

Москва: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2008. – 320 с. – Текст: непосредственный.

9. А.с. 1352156 А1. Система регулирования температуры пола животноводческого помещения / Н. И. Капустин, А. И. Король. Заявитель и патентообладатель Алтайский научно-исследовательский и проектно-технологический институт животноводства. Заявка: 853970220 от 09.09.1985. опубл. 15.11.1987, Бюл. № 42. – Текст: непосредственный.

#### References

1. Motes, E. Mikroklimat zhivotnovodcheskih pomeshchenij / E. Motes; perevod s nemeckogo. – M.: Kolos, 1976. – 189 s. – Tekst: neposredstvennyj.

2. Balanin, V. I. Mikroklimat zhivotnovodcheskih zdaniy / V. I. Balanin. – SPb.: Profiks, 2003. – 140 s. – Tekst: neposredstvennyj.

3. Lebed', A. A. Mikroklimat zhivotnovodcheskih pomeshchenij / A. A. Lebed'. – M.: Kolos, 1984. – 199 s. – Tekst: neposredstvennyj.

4. Golosov, I. M. Mikroklimat zhivotnovodcheskih ferm / I. M. Golosov. – L.: Lenizdat, 1974. – 118 s. – Tekst: neposredstvennyj.

5. Zoogigienicheskie normativy dlya zhivotnyh: Spravochnik / G. I. Volkov, V. M. Repin, V. I. Bol'shakova [i dr.]; pod red. G.I. Volkova. – M.: Agropromizdat, 1986. – Tekst: neposredstvennyj.

6. Murusidze, D. N. Ustanovki dlya sozdaniya mikroklimata na zhivotnovodcheskih fermah / D. N. Murusidze, A. M. Zajcev, N. A. Stepanova [i dr.]. – M.: Kolos, 1979. – 325 s. – Tekst: neposredstvennyj.

7. Агромолтехника. Rezhim dostupa: <http://agro.su/> (data obrashcheniya 12.01.2021).

8. Gidravlika, pnevmatika i termodinamika: kurs lekcij / pod red. V. M. Filina. – M.: ID «FORUM»: INFRA-M, 2008. – 320 s. – Tekst: neposredstvennyj.

9. А.с. 1352156 А1. Sistema regulirovaniya temperatury pola zhivotnovodcheskogo pomeshcheniya / Kapustin N.I., Korol' A.I. Zayavitel' i patentoobladatel' Altajskij nauchno-issledovatel'skij i proektno-tekhnologicheskij institut zhivotnovodstva. Zayavka: 853970220 ot 09.09.1985. opubl. 15.11.1987. Byul. № 42. – Tekst: neposredstvennyj.