

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПТИЧНИКА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

К. Л. ПУЗЕВИЧ, А. С. СИМЧЕНКОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: baa\_mgishp@mail.ru

А. И. ФИЛИППОВ

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь, e-mail: a.fil107@mail.ru

(Поступила в редакцию 17.06.2024)

С подорожанием энергетических ресурсов вопрос уменьшения энергозатрат приобрел особую остроту. Мощным средством резкого повышения уровня управления производством является внедрение автоматизированных систем управления (АСУ), базирующихся на современных научных достижениях в области теории адаптации, оптимального управления, применении экономико-математических методов, использовании средств вычислительной техники, охватывающих сферу организационного управления, технологические процессы и производство. Процесс создания микроклимата, как наиболее энергоемкий в структуре энергозатрат промышленного птичника мясного направления. Действие параметров среды на биологический объект осуществляется, в частности, через технический объект. Из экспериментальных исследований и исследований физиологов установлено, что биологический объект нелинейный, многомерный, нестационарный, обладает многосвязностью. Технический объект, то есть промышленный зал, имеет большую пространственную распределенность, пространственные поля с разнообразными параметрами микроклимата, инерционный, многосвязный. Изменение большинства факторов, действующих на такую биотехническую систему, носит случайный характер. В частности, температурные режимы в техническом объекте, в различных пространственных полях. Поддержание санитарно-гигиенических норм воздушной среды на птицеферме невозможно без организации общей вентиляции. При создании математической модели вентиляции в птичнике начнем с составления материального баланса вредных веществ в птичнике. Важным фактором этого является расход воздуха, поступающий в помещение птичника для вентиляции. Этот параметр используется не только по каналу регулирования температуры, но и по каналу регулирования частоты воздуха в помещении. И здесь он является параметром управления. Расход воздуха рассчитывается в зависимости от многих вредных факторов, поступающих в воздух: влаги, углекислого газа, метана и др., но для регулирования выбирают тот фактор, который дает наибольшее значение воздухообмену. Таким параметром является влагосодержание воздуха в помещении. Проведено исследование птичника мясного направления как объекта управления температурным режимом, разработана математическая модель птичника как теплового объекта, из которой получена передаточная функция. Для экономии энергоресурсов была разработана математическая модель рекуператора, которая показала свою эффективность.

**Ключевые слова:** птичник, техническое обеспечение, микроклимат, система автоматического регулирования.

With the rise in price of energy resources, the issue of reducing energy costs has become especially acute. A powerful means of sharply increasing the level of production management is the introduction of automated control systems (ACS) based on modern scientific achievements in the field of adaptation theory, optimal control, application of economic and mathematical methods, use of computer technology, covering the sphere of organizational management, technological processes and production. The process of creating a microclimate is the most energy-intensive in the structure of energy costs of an industrial poultry house for meat production. The effect of environmental parameters on a biological object is carried out, in particular, through a technical object. From experimental studies and studies of physiologists it has been established that a biological object is nonlinear, multidimensional, non-stationary, has multi-connectivity. A technical object, that is, an industrial hall, has a large spatial distribution, spatial fields with various microclimate parameters, inertial, multi-connected. Changes in most factors affecting such a biotechnical system are random, in particular, temperature conditions in a technical object, in various spatial fields. Maintaining sanitary and hygienic standards of the air environment on a poultry farm is impossible without organizing general ventilation. When creating a mathematical model of ventilation in a poultry house, we will start with drawing up a material balance of harmful substances in the poultry house. An important factor in this is the air flow rate entering the poultry house for ventilation. This parameter is used not only through the temperature control channel, but also through the air frequency control channel in the room. And here it is a control parameter. Air flow rate is calculated depending on many harmful factors entering the air: moisture, carbon dioxide, methane, etc., but for regulation, the factor that gives the greatest value to air exchange is selected. Such a parameter is the moisture content of the air in the room. A study of a meat poultry house as an object of temperature control was conducted, a mathematical model of the poultry house as a thermal object was developed, from which a transfer function was obtained. To save energy resources, a mathematical model of a recuperator was developed, which has proven its effectiveness.

**Key words:** poultry house, technical support, microclimate, automatic control system.

### Введение

Основу птицеводства мясного направления составляют крупные птицефабрики промышленного типа, удельный вес которых в производстве мяса превышает 60 %. На сегодняшний день значитель-

ный процент промышленного мяса производится в птичниках напольного содержания птицы (около 50 %). Напольное содержание является значительно более выгодным с экономической точки зрения по сравнению с другими видами содержания. Тем не менее, с технологической точки зрения, птичник напольного содержания является чрезвычайно сложным объектом. Высокая концентрация птицы, средств производства, наличие агрессивной среды, технологические особенности производства – все это влияет на качество управления. Эффективное управление значительными мощностями традиционными методами является чрезвычайно сложной задачей, а иногда и вообще, неразрешимой. Построить адекватную математическую модель процессов, протекающих в птичнике в процессе функционирования, в таких условиях чрезвычайно трудно. Построить управление таким объектом на основе моделей, учитывающих все его особенности, на технической базе предприятия еще труднее.

Перерасход энергоресурсов, при поддержании заданного уровня температуры, напрямую зависит от качества управления. Управление энергетическими потоками, поддерживающими заданную температуру в птичнике, происходит по определенным законам. Именно от выбранного закона управления, полноты информации о текущих процессах зависят качество управления.

Промышленный птичник мясного направления является сложным объектом регулирования со многими неопределенными связями. Соответственно при разработке АСУ, организации и проведении экспериментальных исследований объекта регулирования необходимо отводить важное место. Анализ объекта регулирования осложняется также тем, что технологические процессы в птичнике, которые обеспечивают получение планового количества мяса, проходят не при постоянных режимах, что объясняется наличием значительного количества случайных возмущений. При этом необходимо также отметить, что для такого объекта регулирования общее число параметров, принимаемое во внимание при расчете управляющих сигналов, достаточно велико.

Объектом регулирования является сложная биотехническая система, на которую действуют три группы факторов: технологические операции (кормление и т.д.); совокупность параметров микроклимата (температура, влажность, загазованность, освещенность и др.); физиологические факторы (возраст птицы, порода, продуктивность, стресс и т. д.). Кроме того, на объект действуют постоянные случайные возмущения, каждое из которых существенно влияет на качество исходной величины [1].

Цель работы: создание системы автоматического управления температурным режимом с использованием современной элементной базы и энергоэффективных алгоритмов работы для уменьшения энергозатрат на создание микроклимата в промышленных птичниках.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- анализ характеристик информационных потоков в птичнике и разработка на их базе имитационной модели теплового обмена;
- разработка математической модели и схемы рекуператора тепла воздуха, выходящего из птичника;
- обоснование и выбор современных технических средств автоматики с учетом регулирования рекуперированного воздуха;
- оценка устойчивости и качества работы САР;
- разработка энергоэффективных алгоритмов работы оборудования для создания микроклимата;
- оценка экономической эффективности внедрения разработанной САР.

Эти задачи сформулированы на основе анализа работ, посвященных созданию микроклимата в промышленных птичниках и современных мировых тенденций энергетической оценки производства продукции.

#### **Основная часть**

Действие параметров среды на биологический объект осуществляется, в частности, через технический объект. Из экспериментальных исследований и исследований физиологов установлено, что биологический объект нелинейный, многомерный, нестационарный, обладает многосвязностью. Технический объект, то есть промышленный зал, имеет большую пространственную распределенность, пространственные поля с разнообразными параметрами микроклимата, инерционный, многосвязный. Изменение большинства факторов, действующих на такую биотехническую систему, носит случайный характер. В частности, температурные режимы в техническом объекте, в различных пространственных полях [2, 3].

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования

технологического процесса, оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации.

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса, оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации (в т. ч. средствами телемеханики и вычислительной техники) [4, 5].

Общие принципы разработки функциональных схем автоматизации [6, 7, 8]:

1. Уровень автоматизации технологического процесса в каждый период времени должен определяться не только целесообразностью внедрения определенного комплекса технических средств, но и перспективой модернизации и развития технологических процессов. Необходимо сохранить возможность наращивания функций управления.

2. При разработке функциональных и других схем автоматизации и выборе технических средств необходимо учитывать:

– вид и характер технологического процесса, условия пожаро- и взрывоопасности, агрессивность и токсичность окружающей среды и т.п.;

– параметры и физико-химические свойства измеряемой среды;

– расстояние от мест установки датчиков, вспомогательных устройств, исполнительных механизмов, приводов машин и запорных органов до пунктов управления и контроля;

– необходимую точность и быстродействие средств автоматизации.

3. Система автоматизации технологических процессов должна быть построена, как правило, на базе унифицированных средств автоматизации и вычислительной техники, выпускаемых серийно и характеризующихся простотой сопряжения, взаимозаменяемостью, удобством компоновки на щитах управления. Использование однотипной аппаратуры дает значительные преимущества при монтаже, наладке, эксплуатации, обеспечении запчастями и др.

4. В качестве локальных средств сбора и накопления первичной информации (автоматических датчиков), вторичных приборов, регулирующих и исполнительных устройств необходимо использовать преимущественно приборы и средства автоматизации государственной системы промышленных приборов или сертифицированные для использования на территории Беларуси.

5. В случаях, когда функциональные схемы автоматизации не могут быть построенными на базе только серийного оборудования, в процессе проектирования выдаются соответствующие технические задачи на разработку новых средств автоматизации.

6. Выбор средств автоматизации, использующих вспомогательную энергию (электрическую, пневматическую и гидравлическую), определяется условиями пожаро- и взрывоопасности автоматизируемого объекта, агрессивности окружающей среды, требованиями к быстродействию, удаленности передачи сигналов информации и управления и т.д.

7. Количество приборов, аппаратуры управления и сигнализации, устанавливаемой на оперативных щитах и пультах, должно быть ограничено. Избыточное количество аппаратуры усложняет эксплуатацию, отвлекает внимание обслуживающего персонала от наблюдения за основными приборами, определяющими течение технологического процесса, увеличивают стоимость установки и сроки монтажных и наладочных работ. Приборы и средства автоматизации вспомогательного назначения целесообразно размещать на отдельных щитах, которые располагаются в производственных помещениях вблизи технологического оборудования.

Результатом составления функциональных схем является [9, 10, 11]:

– выбор методов измерения технологических параметров;

– выбор основных технических средств автоматизации, наиболее полно отвечающих требованиям и условиям работы автоматизируемого объекта;

– определение типа привода исполнительных механизмов, автоматически или дистанционно управляющих регулируемыми и запорными органами технологического оборудования;

– размещение КТЗ автоматизации на щитах, пультах, технологическом оборудовании и трубопроводах и т.п., определение способов отображения информации о состоянии технологического процесса и оборудования.

Система работает следующим образом.

Вытяжные вентиляторы, вмонтированные в стены птичника, работают постоянно. При этом в помещении создается разрежение, благодаря чему через приточные шахты в середину птичника попадает воздух из окружающей среды, чем обеспечивается необходимый воздухообмен.

В зависимости от значения температуры в середине птичника (датчик температуры Тэ (1в), авто-

математическое управляющее устройство TIRC (1C) формирует сигналы управления исполнительными механизмами - магнитными пускателями NS (1U), которые включают теплогенераторы, и частотным преобразователем SIC (1I), благодаря которому увеличивается или уменьшается скорость вращения вытяжных вентиляторов.

Если значение температуры в помещении больше необходимого значения, частотный преобразователь SIC (1I) увеличивает скорость вращения вытяжных вентиляторов, увеличивая кратность вентиляции и уменьшая тем самым температуру в птичнике. Частотный преобразователь настроен таким образом, чтобы минимальная скорость вращения вентиляторов обеспечивала минимальную кратность воздухообмена, необходимую для нормальной жизнедеятельности птицы.

В зависимости какая температура воздуха в рекуператоре Тэ (1г) автоматическое управляющее устройство TIRC (1C), формирует сигнал управления исполнительным механизмом магнитным пускателем NS (1н) который включает электропривод заслонки.

Если значение температуры в птичнике уменьшается ниже необходимого значения, автоматическое управляющее устройство формирует сигнал управления теплогенераторами.

Процессы, протекающие в промышленных птичниках, конечно, описываются нелинейными дифференциальными уравнениями, параметры которых зависят от входных и выходных воздействий. Как правило, для большинства процессов отсутствует полное априорное математическое описание, что существенно усложняет управление процессом и требует решения задачи идентификации. Применение нелинейных моделей в системах управления ограничено, из-за трудности реализации их на ЭВМ.

Поддержание санитарно-гигиенических норм воздушной среды на птицеферме невозможно без организации общей вентиляции. При создании математической модели вентиляции в птичнике начнем с составления материального баланса вредных веществ в птичнике. Важным фактором этого является расход воздуха, поступающий в помещение птичника для вентиляции. Этот параметр используется не только по каналу регулирования температуры, но и по каналу регулирования частоты воздуха в помещении. И здесь он является параметром управления. Расход воздуха рассчитывается в зависимости от многих вредных факторов, поступающих в воздух: влаги, углекислого газа, метана и др., но для регулирования выбирают тот фактор, который дает наибольшее значение воздухообмену. Таким параметром является влагосодержание воздуха в помещении.

С помощью математической модели, построенной в среде Simulink, получена зависимость затрат энергоресурсов от возраста биологического объекта и от природных факторов. Данные по опытам представлены в виде графиков (рис. 1).

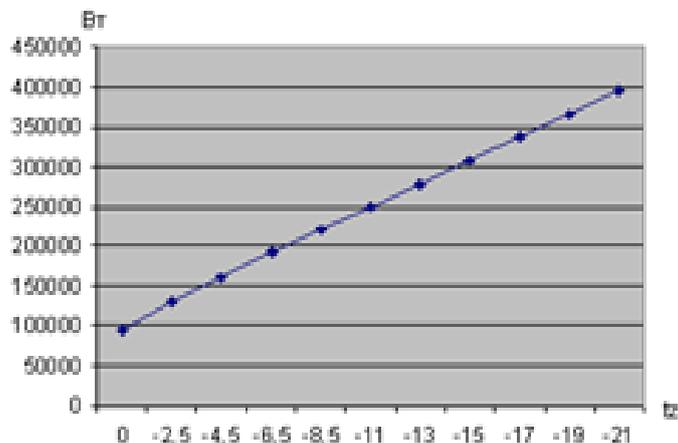


Рис. 1. Зависимость расхода тепла на нагрев птичника от температуры на улице, до установки на объект теплообменника

Из графика переменной постоянной времени нагрева мы можем увидеть, за какое время ОУ выходит в устоявшийся режим в зависимости от возраста биологического объекта, данный график изображен на рис. 2.

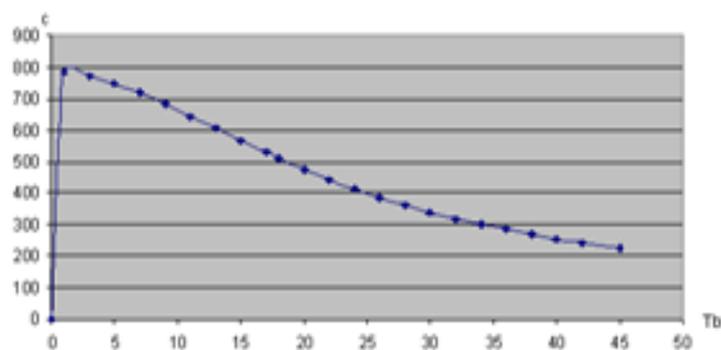


Рис. 2. График изменения устойчивого времени нагрева от возраста бройлеров

Из полученных результатов мы можем проследить как меняется расход вентиляционного воздуха в зависимости от возраста бройлеров, данный график изображен на рис. 3.

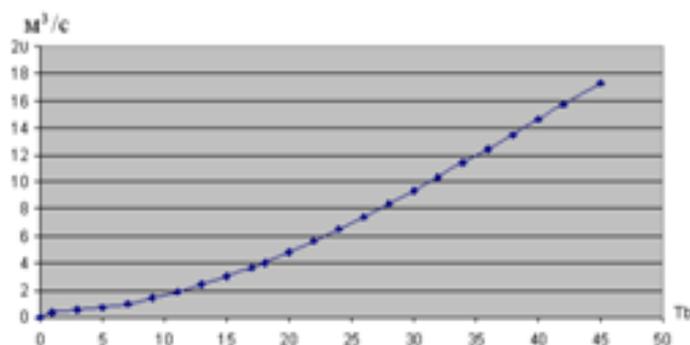


Рис. 3. График расхода вентиляционного воздуха в зависимости от возраста бройлеров

Зависимости нагрева от возраста бройлеров, потери, суммарной нагрев, представлены на рис. 4.

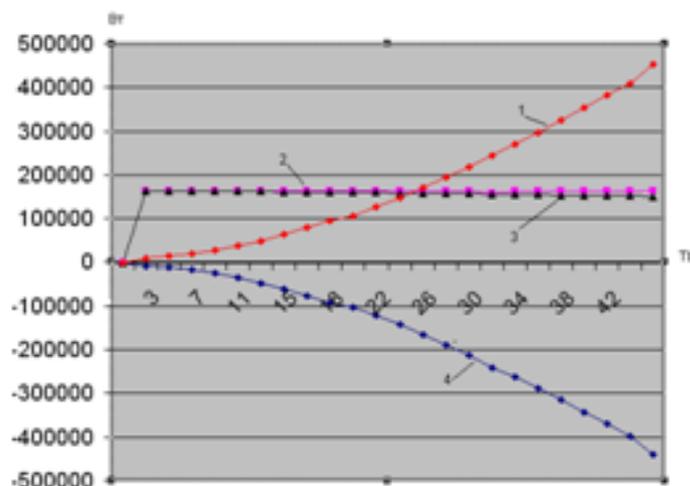


Рис. 4. Зависимости нагрева от возраста бройлеров:

1 – выделение тепла бройлерами, в зависимости от их возраста; 2 – зависимость дополнительного нагрева от возраста бройлеров; 3 – суммарная зависимость нагрева от возраста бройлеров; 4 – зависимость потерь тепла

Проведя ряд исследований с изменением возраста бройлеров в промежутке от 1-го до 45-ти дней можно сделать вывод, что с возрастом биологический объект набирает вес, и при увеличении веса увеличивается его тепловыделение, также увеличивается влажное выделение. В этом случае уменьшаются затраты на дополнительный нагрев, но увеличивается объем вентиляционного воздуха, но с этим увеличением объема увеличиваются потери тепла.

Проанализировав полученные данные, можно прийти к следующему выводу: чтобы уменьшить затраты на нагрев и минимизировать потери целесообразным будет использование теплообменника. Принцип его действия будет заключаться в том, что теплый воздух, который выдувается из птичника, будет использоваться для нагрева воздуха, поступающего с улицы. Таким образом, минимизируются затраты на использование энергоресурсов.

## **Заключение**

Проведено исследование птичника мясного направления как объекта управления температурным режимом, разработана математическая модель птичника как теплового объекта, из которой получена передаточная функция. Для экономии энергоресурсов была разработана математическая модель рекуператора, которая показала свою эффективность.

Для реализации системы автоматического управления температурным режимом в птичнике предложены функционально-технологическая и функционально-структурная схемы САУ, обоснован выбор современного КТЗ автоматики, в частности выбрано промышленное устройство частотного регулирования серии с100/200, и разработана электрическая принципиальная схема системы управления на базе микроконтроллера ICP CON 8837, разработанное программное обеспечение. Предложен энергосберегающий алгоритм работы тепловентиляционного оборудования в зависимости от температуры окружающей среды.

При исследовании показателей качества работы САУ установлено, что система является устойчивой, время регулирования составляет 275 с.

Расчет экономической эффективности показал, что внедрение разработанной системы является целесообразным, себестоимость продукции снизится на 4,76 %.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Бронфман, Л. И. Воздушный режим птицеводческих помещений. – М.: Россельхозиздат, 1974. – 144 с.
2. Бабаханов Ю. М., Степанова Н. А. Оборудование и пути снижения энергопотребления систем микроклимата. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 232 с.
3. Бесекерский, В. А. Цифровые автоматические системы. – М.: Наука, 1976. – 567 с.
4. Иванов Р. А., Шапировский М. Р. Адаптивные системы управления с моделями // Серия техническая кибернетика. – 1985. т. 18. – С. 210–240.
5. Изерман Р. Цифровые системы управления. – М.: Мир, 1984. – 541 с.
6. Красовский А. А. Универсальные алгоритмы оптимального управления непрерывными процессами. – М. 1977. – 272 с.
7. Клещев Е. Ф. Алгоритмы и техника измерений // КИП. – К., 1988. – 108 с.
8. Пчелкин Ю. Н., Сорокин А. И. Устройства и оборудование для регулирования микроклимата в животноводческих помещениях. – М., 1977. – 216 с.
9. Смилянский Г. Л. Какая АСУ эффективна? (Руководителю об автоматизированных системах управления). – М.: Экономика, 1988. – 303 с.
10. Франц Дж., Торнли Дж. Математические модели в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.
11. Мартыненко И. И., Лысенко В. Ф. Проектирование систем автоматики. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 243 с.