УДК 62-65

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ КАРКАСНО-ТЕНТОВОГО КОРОВНИКА

♦♦♦♦♦

ENERGY-EFFICIENT HEATING SYSTEM FOR FRAME-TENT BED

Шелехов Игорь Юрьевич
кандидат технических наук,
доцент ВАК,
доцент кафедры городское строительство и хозяйство
promteplo@yandex.ru

Веревкин Сергей Денисович
бакалавр,
Иркутский национальный исследовательский технический университет
seerg0477@gmail.com

Гурулёва Нина Эдуардовна
магистрант,
Иркутский национальный исследовательский технический университет
gurulva23@mail.ru

Хандарова Ирина Николаевна
магистрант,
Иркутский национальный исследовательский технический университет
asaxarovskaya@list.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности формирования микроклимата в каркасно-тентовых коровниках, которые имеют низкую тепловую инерционностью. Выявлены основные факторы нарушения теплового баланса: поступление холода через проемы и охлаждение ограждающих конструкций. Предложено решение на основе комбинированной системы обогрева с использованием полимерных нагревательных элементов, обладающих положительным температурным коэффициентом сопротивления. Экспериментально доказано, что последовательное подключение панелей обеспечивает эффект саморегулирования и взаимного управления мощностью. Установлено снижение энергопотребления на 22 % и сокращение времени восстановления микроклимата в 1,8 раза по сравнению с традиционными конвективными системами.

Ключевые слова: каркасно-тентовые сооружения, микроклимат, эффективность, саморегулируемый обогрев, животноводческие помещения.

Shelekhov Igor Yuryevich
Candidate of Technical Sciences
Associate Professor
of the Higher Attestation Commission,
Associate Professor of the Department
of Urban Construction and Economy
promteplo@yandex.ru

Verevkin Sergey Denisovich
Bachelor,
Irkutsk National Research
Technical University
seerg0477@gmail.com

Guruleva Nina Eduardovna
Master's Student,
Irkutsk National Research
Technical University
gurulva23@mail.ru

Khandarova Irina Nikolaevna
Master's Student,
Irkutsk National Research
Technical University
asaxarovskaya@list.ru

Annotation. This article examines the microclimate formation in frame-and-tent barns with low thermal inertia. The main factors disrupting the thermal balance are identified: cold ingress through openings and cooling of the enclosing structures. A solution is proposed based on a combined heating system using polymer heating elements with a positive temperature coefficient of resistance. Experiments have proven that connecting panels in series provides self-regulation and mutual power control. Energy consumption has been reduced by 22 % and microclimate recovery time has been reduced by 1.8 times compared to traditional convective systems.

Keywords: frame-tent structures, microclimate, efficiency, self-regulating heating, livestock buildings.

Современное животноводство предъявляет высокие требования к технологичности и экономической эффективности производственных помещений. В этом контексте все большее распространение получают каркасно-тентовые сооружения. Данные конструкции представляют собой несущий металлокаркас, обработанный антикоррозийными составами, с натянутым прочным ПВХ-полотном. Тентовый материал обладает низкой теплопроводностью, что обеспечивает защиту поголовья от ветра и осадков, способствует удержанию тепла зимой и препятствует перегреву воздуха в летний период [1].

Всплеск интереса к таким коровникам в последние годы обусловлен появлением инновационных теплоизоляционных материалов, современных систем обогрева и возможностью гибкого проектирования, позволяющего адаптировать типовой или индивидуальный проект под конкретные нужды хозяйства.

Каркасно-тентовые сооружения обладают специфическими особенностями, влияющими на микроклимат. Главной из них является отсутствие массивных конструкций с высокой теплоемкостью, что делает здание «безынерционным» и крайне чувствительным к колебаниям внешней температуры, открыванию дверей или ветровым нагрузкам. Стационарность воздушно-тепловых потоков в таких помещениях легко нарушается, что создает дисбаланс и требует значительных энергетических затрат для создания равномерного теплового поля. В связи с этим, рациональная система отопления играет ключевую роль в обеспечении комфортного пребывания животных. Решение задачи эффективного обогрева позволит расширить сферу применения тентовых коровников, снизить себестоимость продукции и уменьшить экологическую нагрузку.

На внутренний климат в таких сооружениях влияют два основных фактора: теплоизоляционные свойства ограждающих конструкций и упомянутое отсутствие теплоаккумулирующих элементов. Анализ современных научных публикаций свидетельствует о том, что исследования ведутся преимущественно в направлениях оптимизации ограждающих конструкций, архитектурно-планировочных решений, а также совершенствования систем вентиляции, на долю которой приходится до 40–50 % всех энергозатрат на отопление. Воздухообмен критически важен для удаления углекислого газа, бактерий и избыточной влаги, однако он остается крайне энергозатратным процессом, что делает актуальной разработку систем с рекуперацией тепла и влаги [2].

Особый интерес представляет работа Д.А. Тихомирова с соавторами, посвященная комплексной оценке энергоэффективности систем отопления телят. Исследователи детально рассматривают проблему отсутствия массивных конструкций в каркасных зданиях и предлагают пути ее решения через применение тепловых аккумуляторов, демонстрируя их преимущества перед традиционным водяным отоплением [3]. В свою очередь, в работах В.Ю. Карницкого и В.С. Ушникова обосновывается высокая эффективность инфракрасного (ИК) отопления. Авторы показывают, что использование ИК-обогревателей позволяет экономить более 45 % электроэнергии по сравнению с конвективными системами, а стоимость оборудования и монтажа оказывается в 2,5 раза ниже водяного отопления. При этом в научной среде существуют дискуссии об оптимальной доле лучистой теплоотдачи: одни ученые выступают за ее максимизацию, другие склоняются к применению панелей с долей излучения на уровне 60–70 % [4].

Несмотря на обилие работ, проблема быстрого и равномерного восстановления параметров микроклимата при внешних возмущениях остается открытой. В каркасно-тентовых коровниках можно выделить два классических сценария нарушения теплового баланса. Первый – поступление холодного воздуха через дверной проем, который движется в центр помещения и распространяется к ограждениям. Второй – резкое изменение внешних условий (ветер, похолодание), при котором процесс идет в обратном направлении: от охлаждающихся ограждающих конструкций к центру. Использование стандартных отопительных приборов приводит к перерасходу энергии: пока одна часть помещения нагревается, другая может перегреваться, и для достижения равновесия требуется значительное время из-за инерционности системы и несогласованности работы приборов.

Целью данного исследования является оценка параметров комбинированной электрической системы обогрева, основанной на взаимном влиянии двух нагревательных приборов с положительным температурным коэффициентом сопротивления.

В рамках моделирования двух сценариев охлаждения (через дверной проем и через ограждающие конструкции) были использованы две инфракрасные панели, созданные по патенту № 2713729 [5]. Панели были соединены последовательно в электрической цепи и размещены на внутренней и внешней стенах соответственно. Их работа основана на саморегулирующемся принципе: при понижении температуры воздуха в зоне одной из панелей, ее электрическое сопротивление снижается, что приводит

к увеличению выделяемой ею мощности. Поскольку панели соединены последовательно, изменение сопротивления одной панели автоматически перераспределяет напряжение на другую. Это означает, что панель, находящаяся в условиях охлаждения (например, из-за открытой двери), фактически управляет мощностью панели, расположенной на пути движения холодного воздуха к внешней стене. При изменении внешних погодных условий этот управляющий эффект проявляется в обратном направлении. Такая система обеспечивает пропорциональное регулирование мощности и минимизирует инерционность всей системы.

Экспериментальные исследования проводились в условиях, максимально приближенных к реальным, и сравнивались с работой штатной конвекционной системы отопления.

При конвекционном отоплении в 7 часов утра (при температуре наружного воздуха –14 °С) благоприятная для животных температура наблюдалась лишь на 18 % площади помещения. Зона у холодной стены оставалась необогреваемой с критически низкими показателями. К 11 часам утра (при –13 °С) ситуация улучшилась лишь до 40 % площади, но зона у стены по-прежнему не прогревалась. Выход на стационарный режим занял около двух часов, а потребление электроэнергии за 3 часа составило 6,5 кВт.

Моделирование открытия двери на 5 минут при конвекционном отоплении показало, что через 15 минут зона дискомфорта сократилась, но возникли новые холодные зоны, не обслуживаемые конвекционными потоками. Полное восстановление температуры произошло только через час. Это объясняется тем, что конвекционный поток «встраивается» в воздушные течения, создаваемые вентиляцией, что не всегда благоприятно.

В ходе аналогичных испытаний с использованием саморегулируемых панелей были получены иные результаты. В 7 часов утра (при –16 °С) благоприятная температура фиксировалась уже на 55 % площади. Зоны у холодных стен присутствовали, но их площадь и степень охлаждения были значительно меньше. К 11 часам утра (при –14 °С) комфортная температура распространилась практически на всю площадь помещения, за исключением узких локальных участков. Время выхода на стационарный режим сократилось до 1 часа, а потребление электроэнергии за 3 часа составило всего 5,0 кВт.

При имитации открытия двери через 15 минут зона дискомфорта увеличилась лишь в необслуживаемых зонах и в местах крепления металлических стоек (датчиков). Через час температурное поле полностью восстановилось, за исключением точечных зон в местах установки металла, где температура была ниже на 3 °С.

Проведенные эксперименты подтверждают, что использование эффекта саморегулирования в системах обогрева каркасно-тентовых сооружений имеет ряд значительных преимуществ.

Во-первых, радиационный тип отопления обеспечивает более равномерное распределение тепла и эффективный обогрев проблемных зон у холодных стен, что критически важно для здоровья молодняка.

Во-вторых, взаимное регулирование панелей снижает инерционность системы, позволяя в 1,8 раза быстрее восстанавливать параметры микроклимата после внешних возмущений.

В-третьих, достигается прямая экономия электроэнергии: зафиксированное снижение потребления на 22 % (с 6,5 до 5,0 кВт за аналогичный период) свидетельствует о высоком энергосберегающем потенциале технологии.

Таким образом, каркасно-тентовые быстровозводимые сооружения являются перспективным направлением в строительстве животноводческих помещений. Применение новых подходов к обогреву, в частности использование нагревательных элементов с эффектом взаимного регулирования, позволяет минимизировать главные недостатки таких построек – их безынерционность и чувствительность к сквознякам. Это способствует не только снижению капитальных и эксплуатационных затрат, но и существенному повышению комфортности микроклимата для животных, что в конечном итоге влияет на продуктивность стада и рентабельность производства.

Литература

1. Ходякова Е. Ангары для животноводства: от советского наследия к новым технологиям // Эффективное животноводство. – 2021. – № 5(171). – С. 126–131. EDN LJJNBN
2. Шелехов И.Ю. Оптимизация параметров микроклимата в спортивных каркасно-тентовых зданиях / И.Ю. Шелехов, М.И. Федотова, А.И. Шелехова // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2023. – Т. 13. – № 2(45). – С. 369–377. – DOI 10.21285/2227-2917-2023-2-369-377. – EDN HATVRN
3. Тихомиров Д.А. Обогрев телят при групповом содержании / Д.А. Тихомиров, А.В. Хименко, Ю.Н. Добровольский // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения. Сборник трудов 4-й Научно-практической конференции, Москва, 16 мая 2025 года. – М. : Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И. Скрябина, 2025. – С. 398–399. EDN INNFHZ
4. Карницкий, В.Ю. Инфракрасное отопление как экономичный и эффективный вид отопления / В.Ю. Карницкий, В.С. Ушников // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – № 12-3. – С. 96–98. EDN XDEJUP
5. Патент № 2713729 C1 Российская Федерация, МПК H05B 3/36. Нагревательный элемент широкого спектра применения: № 2018116517: заявл. 03.05.2018 : опубл. 07.02.2020 / И.Ю. Шелехов. EDN NSFAST

References

1. Khodyakova E. Hangars for livestock farming: from the Soviet legacy to new technologies // Effective livestock farming. – 2021. – № 5(171). – P. 126–131. EDN LJJNBN
2. Shelekhov I.Yu. Optimization of microclimate parameters in frame-tent sports buildings / I.Yu. Shelekhov, M.I. Fedotova, A.I. Shelekhova // News of universities. Investments. Construction. Real estate. – 2023. – Vol. 13. – № 2(45). – P. 369–377. DOI 10.21285 / 2227-2917-2023-2-369-377 EDN HATVRN
3. Tikhomirov D.A. Heating of calves in group housing / D.A. Tikhomirov, A.V. Khimenko, Yu.N. Dobrovolsky // Actual problems of veterinary medicine, animal science, biotechnology and examination of raw materials and products of animal origin: Collection of works of the 4th Scientific and Practical Conference, Moscow, May 16, 2025. – M. : Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Skryabin, 2025. – P. 398–399. EDN INNFHZ
4. Karnitsky V.Yu. Infrared heating as an economical and efficient type of heating / V.Yu. Karnitsky, V. S. Ushnikov // Bulletin of Tula State University. Technical sciences. – 2016. – № 12-3. – P. 96–98. EDN XDEJUP
5. Patent № 2713729 C1 Russian Federation, IPC H05B 3/36. Heating element of a wide range of applications: № 2018116517: declared. 03.05.2018: publ. 07.02.2020 / I.Yu. Shelekhov. EDN NSFAST