

УДК 636.034

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-149-155

И.М. Довлатов¹,
И.В. Комков¹,
А.Ю. Алипичев²,
Д.А. Благов¹, ✉
С.С. Юрочка¹

¹Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ, Москва,
Россия

²Российский государственный
аграрный университет — МСХА
им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ aspirantya2013@gmail.com

Поступила в редакцию:
04.07.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
30.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-149-155

Igor M. Dovlatov¹,
Ilya V. Komkov¹,
Alexey Yu. Alipichev²,
Dmitry A. Blagov¹, ✉
Sergei S. Yurochka¹

¹Federal Scientific Agroengineering
Center VIM, Moscow, Russia

²Russian State Agrarian University —
Moscow Agricultural Academy named after
K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

✉ aspirantya2013@gmail.com

Received by the editorial office:
04.07.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
30.08.2023

Анализ предлагаемых технических решений для поддержания микроклимата животноводческих помещений

РЕЗЮМЕ

Изучены технические решения для обеспечения необходимых значений параметров. Рассмотрены научные исследования по тематике контроля микроклиматических показателей. Выявлены основные компоненты условий содержания, способы поддержания их регламентированных значений в помещении. Рассмотрены методы воздействия на них. Разработана упрощенная модель фермы в программных комплексах SketchUp 2020, моделирование проводилось в программном комплексе SolidWorks 2020. Общие задаваемые параметры для расчета: тепло, выделяемое коровами, — 1000 Вт; количество углекислого газа — 4% в выдыхаемом воздухе; скорость ветра на входе в окно — 2 м/с, влажность — 70%, температура — 25 °С. Отображены материалы, использованные при проведении исследования. Представлены параметрические модели по характеру и скорости движения воздушных потоков. Проанализированы основные способы регуляции интересующих показателей. Выявлены и описаны наиболее подходящие решения для модернизации и переоборудования производств для улучшения состояния микроклимата в помещениях для содержания скота. Сформирована функционально-структурная схема технических решений для обеспечения параметров микроклимата. Сделана и отображена технологическая карта концептуальных предложений. На их основе определены основные решения для модернизации ферм: естественная вентиляция, осевой и подвесной вентиляторы, световой конек, форсунки, подъемные шторы, искусственное освещение.

Ключевые слова: микроклимат, условия содержания животных, воздушные потоки, температурный стресс, приточно-вытяжная шахта, разгонные вентиляторы

Для цитирования: Довлатов И.М., Комков И.В., Алипичев А.Ю., Благов Д.А., Юрочка С.С. Анализ предлагаемых технических решений для поддержания микроклимата животноводческих помещений. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 149–155. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-149-155>

© Довлатов И.М., Комков И.В., Алипичев А.Ю., Благов Д.А., Юрочка С.С.

Analysis of proposed technical solutions for maintaining the microclimate of livestock buildings

ABSTRACT

Technical solutions to ensure the necessary values of parameters are studied. Considered scientific research on the subject of control of microclimatic parameters. Identified the main components of the living conditions, ways to maintain their regulated values in the room. The methods of influencing them are considered. Developed a simplified model of the farm in the software package SketchUp 2020, simulations were carried out in the software package SolidWorks 2020. General parameters set for the calculation: heat emitted by the cows — 1000 W; amount of carbon dioxide — 4% in the exhaled air; wind speed at the window inlet — 2 m/s, humidity — 70%, temperature — 25 °C. The materials used in the study are displayed. Parametric models for the nature and velocity of air flows are presented. The main ways of regulating the indicators of interest are analyzed. The most suitable solutions for modernization and re-equipment of production facilities to improve the microclimate in the cattle housing are identified and described. The functional and structural scheme of technical solutions to ensure the parameters of the microclimate is formed. The technological map of conceptual proposals is made and displayed. On their basis, the main solutions for modernization of farms are defined: natural ventilation, axial and suspended fans, light ridge, nozzles, lifting curtains, artificial lighting.

Key words: microclimate, animal housing conditions, air flows, temperature stress, supply and exhaust shaft, dispersal fans

For citation: Dovlatov I.M., Komkov I.V., Alipichev A.Yu., Blagov D.A., Yurochka S.S. Analysis of proposed technical solutions for maintaining the microclimate of livestock buildings. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 149–155 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-149-155>

© Dovlatov I.M., Komkov I.V., Alipichev A.Yu., Blagov D.A., Yurochka S.S.

Введение/Introduction

Основным критерием в сфере животноводческого АПК является продуктивность, зависит она от двух факторов — генетики и условия содержания. В настоящий момент современные породы крупного рогатого скота (КРС) обладают высоким генетическим потенциалом. Полноценно раскрыть генетический потенциал можно за счет правильного условия содержания. К ним относятся кормление, поение, навозоудаление, соблюдение определенного уровня влажности, температуры, скорость воздушных потоков внутри помещения, кратность воздухообмена, освещенность, чистоту воздуха [1–3].

Важным фактором является соблюдение норм предельно допустимых концентраций (ПДК) по микроклимату помещений, например температуре, влажности, скорости движения воздуха, загазованности помещения, освещенности, бактериальной обсемененности. Для наиболее полной реализации генетического потенциала крайне важно соблюдать ПДК для параметров микроклимата¹, что достигается контролем и регулированием значений вышеуказанных параметров [4–6].

В предшествующей работе [2, 7] выявлено, что для регулировки бактериальной обсемененности можно использовать УФ-лампы, способные инактивировать патогенную микрофлору. Частичную дезинфекцию предлагается осуществлять разбрызгиванием дезинфицирующего вещества с таким содержанием дезинфектанта, что можно использовать в присутствии животных через форсунки распылителя, которые дополнительно saniруют воздух внутри помещения.

Освещенность влияет на уровень стресса животного и поедаемость кормов, что в свою очередь отражается на степени продуктивности сельскохозяйственных животных. Световой стресс заключается в том, что слишком интенсивное излучение пагубно воздействует на зрительные нервы животных и мозговую активность в целом, также негативное влияние оказывает чрезмерно длительное воздействие. Следует учитывать, что недостаток света оказывает не менее отрицательный эффект. Может спровоцировать недостаточное усвоение витаминов и минеральных веществ [8–10].

Некоторые предприятия используют световой конек с частичным воздухообменом, что позволяет повысить коэффициент естественного освещения и существенно сэкономить на оборудовании для искусственного освещения и воздухообмена. Это хорошее решение данной проблемы в дневное время суток, но стоит учитывать возможные потери тепла и, как следствие, возможные затраты на отопление помещения.

Световой конек без вентиляции позволяет пропускать солнечный свет, но затрудняет процесс вентиляции. Для решения данного аспекта интегрируются вентиляционные шахты (рис. 1). Дополнительно отверстия для вентиляции в данном световом коньке можно закрывать, что делает процесс вентиляции контролируемым.

Для освещения помещений, содержащих КРС, рекомендуется освещенность в пределах 150–300 Лк в течение 16-часового дневного периода. В связи с высокой степенью влияния светового потока на организм животных

проводится множество исследований на тему его влияния. Выявлено положительное влияние на повышение продуктивности молочного скота и улучшение иммунного ответа организма на возможные заболевания. Изучена возможность регуляции гормонального фона стимулированием синтеза определенных гормонов [11–13].

При воздействии освещения на животных установлена взаимосвязь между степенью интенсивности освещения и мощностью светового излучения на продуктивность и длительность хозяйственного использования КРС² [14–16].

Шторки или подвижные жалюзи осуществляют дополнительную естественную освещенность и обеспечивают естественную вентиляцию в теплые периоды года. Рассматриваемое решение позволяет частично регулировать естественную освещенность и вентиляцию [17].

Навозоудаление имеет высокую значимость, так как продукты жизнедеятельности скота являются дополнительным источником загрязнения воздуха газовыми смесями, которые могут быть потенциальными для болезнетворных бактерий, спор и грибов, влажности и тепловой энергии в помещении [18–20].

Материалы и методы исследований / Materials and methods

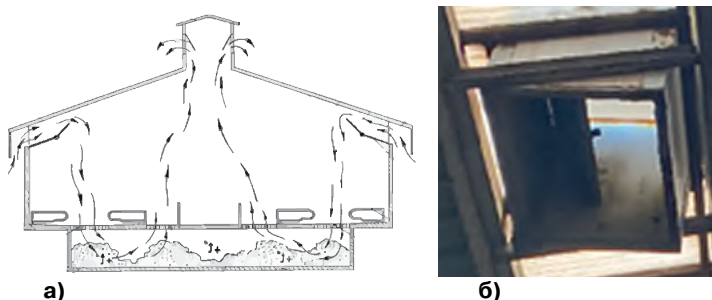
Важные показатели микроклимата в животноводческих помещениях — качества воздуха: уровень влажности, температура, скорость воздушных потоков внутри помещения, кратность воздухообмена, загазованность помещения. При соблюдении требований ПДК³ данных факторов можно добиться высоких показателей продуктивности КРС [21–23].

Обработка данных, полученных от АО «Зеленоградское», Московской обл., во время аномально высоких кратковременных значений температуры осуществлялась периодически.

Во время исследований была разработана упрощенная модель фермы с полным соответствием габаритных размеров помещений, приточных и вытяжных отверстий в программных комплексах SketchUp 2020 (авторы — Last Software, Google; разработчик — Trimble Inc, США; патент США 6 628 279).

Моделирование движения воздуха проводилось в программном комплексе SolidWorks 2020 Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks, Франция), защищено патентами США — 7184044, 7502027 и Канады — 2318706⁴.

Рис. 1. Вытяжная шахта в помещении для содержания скота: а) схема коровника с вентиляционной шахтой, б) вентиляционная шахта
Fig. 1. Exhaust shaft in a livestock building: a) Scheme of a cowshed with a ventilation shaft, b) Ventilation shaft



¹ Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 622 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации».

² ОН АПК 2.10.24.001-04 Нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий, сооружений.

³ Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 622 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации».

⁴ https://help.solidworks.com/2012/RUSSIAN/SolidWorks/cworks/copyright_solidworks.htm?format=P&value=

Для проведения параметрического моделирования внутри животноводческого помещения разработана начальная 3D-модель фермы. Общие задаваемые параметры для расчета: тепло, выделяемое коровами, — 1000 Вт; скорость ветра на входе в окно — 2 м/с; влажность — 70%; температура — 25 °С. В качестве значений параметров были выбраны те, что являются стандартными в условиях периода, соответствующего нормам ПДК⁵.

В модели присутствуют упрощения: форма коров, отсутствуют стойла, закрыты ворота, отсутствуют коммуникации на колоннах и прочие мелкие допущения. Данные допущения были сделаны с целью оптимизации модели для возможности проведения параметрического моделирования. В противном случае мощности вычислительных машин будет не хватать, а результат, на который повлияют добавленные упрощения, будет незначительным. Изучение движения воздушных потоков отображено на рисунках 2–4.

Внешний вид разработанной параметрической модели животноводческого помещения реализован в виде участка фермы с параметрами (длина × ширина × высота) 31,5 × 11,2 × 5 м, где иерархичным образом размещены 10 объектов. Модель разработана в 2022 году научными сотрудниками ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Накопление газов в помещении зависит от количества животных, температурно-влажностного режима и плотности размещения животных с учетом режима содержания, работы системы вентиляции. При рассмотрении движения газовых облаков в воздухе доработанная модель имела параметры (длина × ширина × высота) 63 × 22,4 × 5 м.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

По полученным данным от ЗАО «Зеленоградское» в 2021 г. из-за аномально высоких кратковременных значений температуры было выявлено, что температурный стресс напрямую влияет на экономические показатели производства молока, следовательно, существует потребность в нивелировании данного фактора. На ферме технологически предусмотрена естественная вентиляция. Фактическое снижение удоя в рассматриваемый период превысило на 7% (по сравнению с нормативными), а потери молока на корову — до 70%. Как следствие, были увеличены денежные потери (на 58%).

Для осуществления принудительной вентиляции могут использоваться вентиляционные шахты, которые, как правило, устанавливаются в коньке крыши (рис. 1). Они призваны осуществлять удаление воздушных масс внутри помещения и утилизацию отработанного воздуха наружу за счет того, что прогретый внутри

помещения воздух поднимается вверх. Также существует ряд трудностей, связанный с установкой в помещении, так как приходится учитывать планировку помещения и осуществлять большие ремонтные работы.

Использование вытяжных шахт вместе с приточными каналами повысит объем удаляемого некачественного воздуха из помещения. В связи с конструктивными особенностями шахта не способна засасывать большой объем воздуха, из-за чего нет возможности удалять воздух, который находится на уровне животных и ниже, по всей площади здания.

Моделирование (рис. 2), установило наличие завихрений воздушных потоков и их скорости движения (табл. 1).

На рисунке 2 видно, что из-за неравномерности воздушных потоков отработанный воздух частично возвращается к животным. Стоит отметить: его насыщенность газами будет меньше, так как он смешивается с чистым воздухом. Определено, что засасывание воздуха под самой крышей малоэффективно. Это обусловлено отсутствием подвесных лопастных вентиляторов, способных устремить воздушный поток в вытяжную шахту.

В областях первичных завихрений 6 осуществляется частичный возврат удаляемого воздуха, а основная его масса в этих областях не затрагивается вообще. Из областей 9, 10, 14 происходит частичное удаление вредных газов, но значительная часть не перемещается достаточно близко к вытяжным шахтам для удаления. В областях 8, 12 наблюдаются наибольшие завихрения, воздух в которых нисходит до уровня животных. При этом удаление основных скоплений углекислого газа не осуществляется.

Из таблицы 1 видна скорость движения воздуха. Возле вентилятора рядом с областью 1 скорость достигает 7,6 м/с, потом она снижается. В областях завихрения и хаотичного движения воздушных масс скорость снижается до 1–2 м/с.

Рис. 2. Параметрическая модель движения воздушных потоков помещения для содержания скота: 1–19 — области измерения скорости воздуха; 1, 2, 4, 7, 11 — области сильнейшего воздушного потока от осевого вентилятора; 3 — область завихрения воздуха; 5, 8, 12 — области начала хаотичного движения и завихрения воздушных потоков; 6 — область первого завихрения; 9, 10 — области хаотичного движения воздуха; 13 — область смешивания потоков; 14 — область вторичного и сильнейшего завихрения; 15 — область встречи противоположных по направлению потоков воздуха; 16–18 — области завихрения воздуха по направлению к области удаления; 19 — область удаления воздуха; 20 — вентиляторы

Fig. 2. Parametric model of air flow in the cattle housing: 1–19 — areas of air velocity measurement; 1, 2, 4, 7, 11 — regions of the strongest air flow from axial fan; 3 — region of air turbulence; 5, 8, 12 — regions of the beginning of chaotic movement and swirling of air flows; 6 — region of the first turbulence; 9, 10 — regions of chaotic air flow; 13 — area of flow mixing; 14 — area of secondary and strongest swirling; 15 — area of opposite air flows meeting; 16–18 — areas of air whirling towards removal; 19 — area of air removal; 20 — fans

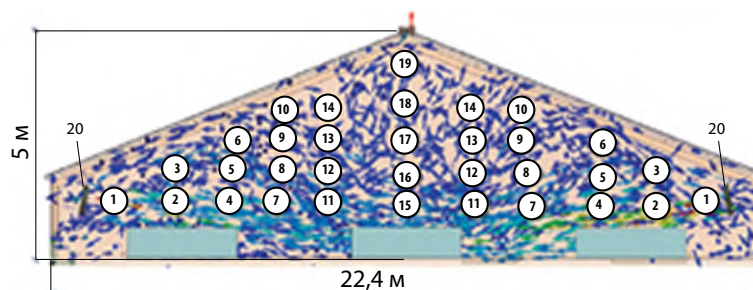


Таблица 1. Скорость движения воздушных потоков в завихрениях
Table 1. The speed of air movement in eddies

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Значение, м/с	7,61	6,6	1,04	3,43	1,03	1,06	3,80	0,93	0,64	0,90	2,3	1,12	0,57	0,82	1,13	1,62	1,53	0,67	0,45

⁵ Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 622 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации».

В связи с этим для осуществления движения воздушных масс используются вентиляторы: осевые (рис. 3), которые смешивают и продвигают воздушные массы, и подвесные лопастные (рис. 4), перенаправляющие потоки воздуха в воздушные шахты.

Предлагаемый вариант актуален для ферм, неспособных к полной модернизации и готовых частично улучшить или интегрировать оборудование, способное улучшить воздухообмен, газообмен и корректировку относительной влажности с температурой. Существенным преимуществом является возможность быстрой и более легкой интеграции такого оборудования в помещение для содержания скота по сравнению с иными системами вентиляции воздуха, такими как приточно-вытяжные системы удаления и всасывания воздуха.

На рисунке 3 основные воздушные потоки от осевых вентиляторов производительностью 22–44 тыс. м³/ч имеют туннельную направленность, что может быть пагубным для животных при условии отсутствия контроля за данным процессом, и затруднена утилизация отработанного воздуха. Данная проблема решается осуществлением контроля и регулировки вентиляторов посредством установки автоматики с непрерывным анализом воздушных потоков.

На основании данных, представленных в таблице 2 можно определить скорость движения воздуха на протяжении всей его длины. В точках 1 и 7 скорость воздушного потока почти 4,3 м/с. В точке 4 скорость уменьшается ввиду встречи противоположных потоков и невысокой мощности, которая ограничивается начальной скоростью потока в точках 1 и 7, достигает 1,63 м/с.

На рисунке 4 определялась направленность потоков воздуха от подвесных лопастных вентиляторов.

Скорость движения воздуха вокруг ЗАО «Зеленоградское» в 2021 году на период проведения исследований составила 1–2 м/с (по данным метеорологических показателей)⁶. При осуществлении замеров скорость воздушных потоков возле коровника была около 2 м/с. В результате проведенного моделирования (рис. 4) видно, что воздушные потоки, создаваемые подвесными лопастными вентиляторами, имеют туннельную направленность, следовательно, полностью удалить отработанный воздух через надлежащие вентиляционные отверстия они не могут. Ввиду того что подвесной лопастной вентилятор имеет туннельную направленность, существуют области, где воздух не подлежит полному

Рис. 3. Движение и скорость воздушных потоков при использовании: 1–7 — области измерения скорости движения воздуха

Fig. 3. Movement and speed of air flows during use: 1–7 — areas for measuring air velocity

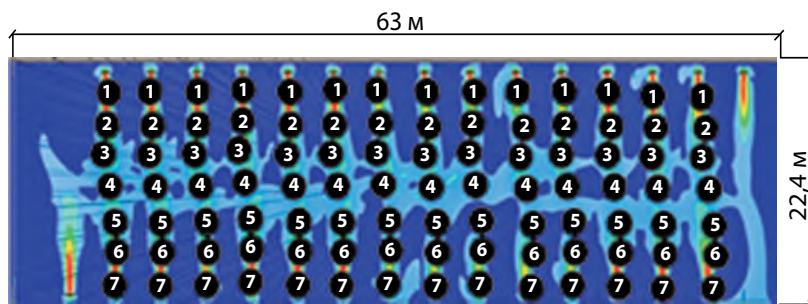


Таблица 2. Значения скорости воздушных потоков

Table 2. Air velocity values

№	1	2	3	4	5	6	7
Значение, м/с	4,27	3,10	2,41	1,63	2,52	3,18	4,48

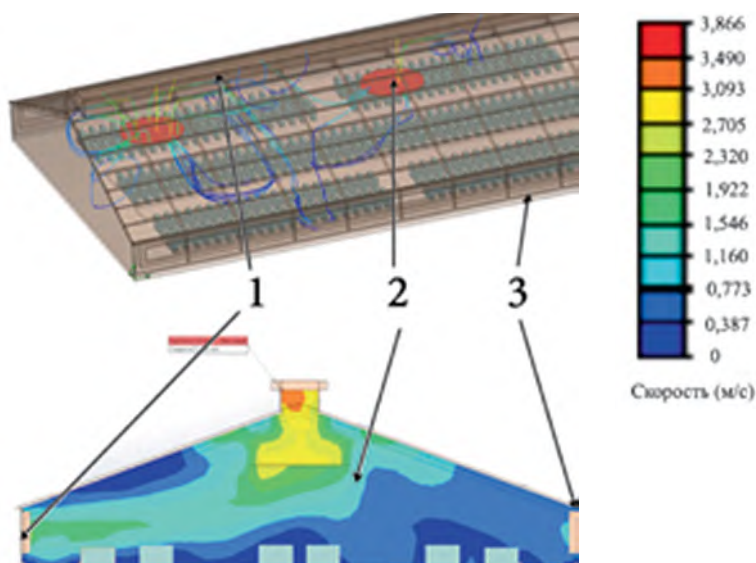
удалению наружу. Такие области располагаются на уровне 0–0,8 м от земли и под крышей от приточного окна до 2–2,5 м от уровня пола.

Затруднение в удалении воздуха из-под самой крыши решается установкой вентиляторов на необходимой высоте. Часть воздуха при затягивании его данным вентилятором возвращается в помещения. Поскольку возвращается малая часть, не повышается концентрация вредоносных газов и происходит частичное смешение воздушных масс, что способствует уменьшению концентрации вредных веществ. В области удаления воздуха через шахты скорость воздуха достигает 2–3 м/с.

Из вышеизложенного следует, что необходимо использовать вентиляторы в совокупности. Обеспечивать оптимальный микроклимат в помещении для содержания КРС предлагается установкой совокупности технических решений (рис. 5).

Рис. 4. Параметрические модели работы подвесного лопастного вентилятора: 1 — в окно дует ветер со скоростью 2 м/с; 2 — вентилятор на 160 тыс. м³/ч (поток направлен вверх); 3 — окно открыто

Fig. 4. Parametric models of the operation of a suspended blade fan: 1 — wind blows through the window at a speed of 2 m/s; 2 — fan 160,000 m³/h (flow directed upwards); 3 — window open



⁶ Погода в Ельדיгино на 2021 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eldigino.nuipogoda.ru/погода-2021> (01.06.2023).

Для регулирования процессов (рис. 5) используется семь исполнительных устройств. Данным техническим решением обеспечиваются нормы РД АПК⁷ по уровню относительной влажности, температуре, освещенности, загазованности помещения, скорость воздуха, кратность воздухообмена, запыленность помещения. Наиболее подходящими решениями являются вентиляторы (осевые и подвесные лопастные), приточные окна для естественной вентиляции, шторы для дополнительного освещения и вентиляции, световой конек и источники искусственного освещения, гидролиния с дезинфицирующим веществом.

Технологическая карта концептуальных предложений на основе проведенного анализа приведена на рисунке 6.

Предлагается использование ряда решений, которые позволят осуществлять контроль микроклиматических показателей. Использование осевых вентиляторов с производительностью до 44 тыс. м³/ч позволит осуществлять смешивание воздушных потоков и уменьшать загазованность в определенной области, регулировать температуру, а интегрированные в них форсунки позволят распылять дезинфицирующие вещества для регуляции обсемененности патогенной микрофлоры.

Использование подвесных лопастных вентиляторов с производительностью 160 тыс. м³/ч позволит производить качественное удаление отработанного воздуха. Световой конек и искусственные источники света позволят нормировать уровень освещенности, регламентируемый ПДК⁷, 100 Лк, по опыту авторов и на основе анализа научных источников, 200–300 Лк у кормового

стола. Всё вышеуказанное способствует поддержанию значений микроклиматических показателей в пределах ПДК. Установка автоматического управления позволит осуществлять корректный и качественный мониторинг и корректировку показателей микроклимата. Автоматика должна состоять из контроллера и датчиков температуры, относительной влажности и углекислого газа. Датчики позволят качественно осуществлять замер значения показателей в автоматическом режиме.

Выводы/Conclusion

Проведены исследования о различных возможностях регуляции микроклиматических показателей помещения для содержания животных.

Показаны функционально-структурная схема технических решений для обеспечения параметров микроклимата и технологическая карта концептуальных предложений; наиболее подходящим решением для поддержания микроклимата является внедрение на предприятии осевых и подвесных лопастных вентиляторов. Они создают мощный воздушный поток (около 5 м/с), происходит достаточно быстрый воздухообмен. Полноценное удаление отработанного воздуха достигается подвесными лопастными вентиляторами. Лопастные вентиляторы имеют низкую стоимость и легки в установке — как в новых коровниках, так и в старых, подвергшихся модернизации или реконструкции. Дополнительно такие вентиляторы удобно комбинировать с естественной вентиляцией, что благоприятно влияет на поддержание основных показателей микроклимата на должном уровне.

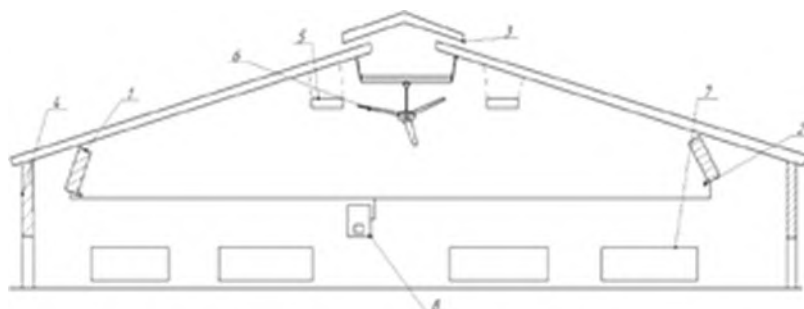
Рис. 5. Функционально-структурная схема технических решений для обеспечения параметров микроклимата

Fig. 5. Functional-structural diagram of technical solutions to ensure microclimate parameters



Рис. 6. Технологическая карта концептуальных предложений (вид с торца): 1 — осевой вентилятор, 2 — форсунки, 3 — световой конек с естественной вентиляцией, 4 — подъемные шторы, 5 — источник искусственного освещения, 6 — подвесной лопастной вентилятор, 7 — модель коров, 8 — автоматика-контроллер

Fig. 6. Technological map of conceptual proposals (end view): 1 — axial fan, 2 — nozzles, 3 — light ridge with natural ventilation, 4 — lifting curtains, 5 — artificial light source, 6 — suspended blade fan, 7 — cow model, 8 — automation controller



⁷ Система рекомендательных документов агропромышленного комплекса Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Рекомендательный документ. Методические рекомендации по расчету и проектированию средств обеспечения микроклимата на фермах по откорму крупного рогатого скота. РД-АПК 3.10.01.09-08.

Рекомендуется устанавливать шторы в помещении для содержания КРС. Это позволит осуществлять регуляцию приточного воздуха и частично решать вопросы освещенности помещения.

Для полноценной регуляции освещенности необходимо устанавливать световой конек, таким образом значительно снижаются затраты на электроэнергию. Для обеспечения дополнительной освещенности стоит установить источники искусственного освещения и использовать их в случае необходимости.

Установка форсунок в составе системы гидролинии позволит регулировать уровень относительной влажности и возможность осуществления дезинфекции помещения с находящимися в нем животными. Дополнительно осуществлять охлаждение воздуха в жаркий период.

Естественные вытяжные шахты малопригодны для поддержания микроклимата по кратности воздухообмена, так как не имеют возможности удалять весь отработанный воздух.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Leliveld L.M.C., Riva E., Mattachini G., Finzi A., Lovarelli D., Provolo G. Dairy Cow Behavior Is Affected by Period, Time of Day and Housing. *Animals*. 2022; 12(4): 512. <https://doi.org/10.3390/ani12040512>
- Довлатов И.М., Юфев Л.Ю. Расчет расстояния от источника УФ-облучения, обеспечивающего необходимую дозу эффективного облучения. *Инновации в сельском хозяйстве*. 2018; (3): 618–625. <https://www.elibrary.ru/yvxcxb>
- Бастрон Т.Н. Обзор систем микроклимата коровников ферм КРС. *Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы Международной научно-практической конференции*. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. 2019; 2: 87–93. <https://elibrary.ru/xhooux>
- Лукин С.В., Суязова И.В. Влияние сезона года на микроклимат коровника в ООО «Пашское». *Вестник студенческого научного общества*. 2017; 8(1): 197–199. <https://elibrary.ru/xmibal>
- Второй С.В., Второй В.Ф., Ильин Р.М. Автоматизированная мобильная система для контроля параметров микроклимата коровника. *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. 2019; (4): 114–121. <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10218>
- Вартанова М.Л., Дробот Е.В. Современное состояние инфраструктуры обслуживания молочных комплексов и необходимость проведения их модернизации в условиях санкций. *Экономические отношения*. 2018; 8(2): 247–260. <https://doi.org/10.18334/eo.8.2.39060>
- Гречникова В.Ю., Кондакова И.А., Григоренко Д.В. Изучение влияния высокоинтенсивного импульсного оптического УФ-излучения ксеноновой лампы на чистые культуры микроорганизмов. *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2021; (1): 5–12. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2021.49.1.001>
- Dovlatov I.M., Yurochka S.S. Efficiency Optimization of Indoor Air Disinfection by Radiation Exposure for Poultry Breeding Rational for Microclimate Systems Modernization for Livestock Premises. Vasant P., Weber G.-W., Thomas J., Marmolejo-Saucedo J.A., Rodriguez-Aguilar R. eds. *Artificial Intelligence for Renewable Energy and Climate Change. Scrivener*. 2022; 371–388. <https://doi.org/10.1002/9781119771524.ch11>
- Кондратьева Н.П., Филатов Д.А., Терентьев П.В., Аль-Хелу А.С. Сравнительная оценка основных характеристик натриевых и светодиодных тепличных облучателей. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020; 14(1): 50–54. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2020-14-1-50-54>
- Широбокова Т.А., Шувалова Л.А. Энергетический анализ производства продукции животноводства. *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020; (1): 72–78. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2020_1_72
- Винничек Л.Б. Повышение эффективности интенсификации молочного скотоводства: тенденции и направления. *Исследование проблем экономики и финансов*. 2021; (1); 4. <https://doi.org/10.31279/2782-6414-2021-1-4-1-10>
- Lindkvist S. et al. Effects of achromatic and chromatic lights on pupillary response, endocrinology, activity, and milk production in dairy cows. *PLoS ONE*. 2021; 16(7): e0253776. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253776>
- Dovlatov I.M., Yuferev L.Yu., Mikaeva S.A., Mikaeva A.S., Zheleznikova O.E. Development and Testing of Combined germicidal Recirculator. *Light & Engineering*. 2021; 29(3): 43–49. <https://doi.org/10.33383/2021-023>
- Пилицыкова Ю.А. Коваленко О.Ю., Овчукова С.А. Влияние комбинированного излучения на молодняк птицы. *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина»*. 2012; (2): 29–31. <https://elibrary.ru/rbfkfl>

REFERENCES

- Leliveld L.M.C., Riva E., Mattachini G., Finzi A., Lovarelli D., Provolo G. Dairy Cow Behavior Is Affected by Period, Time of Day and Housing. *Animals*. 2022; 12(4): 512. <https://doi.org/10.3390/ani12040512>
- Dovlatov I.M., Yuferev L.Yu. The calculation of the distance from the source of UV radiation provides the necessary effective dose of radiation. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2018; (3): 618–625 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yvxcxb>
- Bastron T.N. Review of microclimate systems of cowsheds of cattle farms. *Science and education: experience, problems, development prospects. Materials of the International Scientific and Practical Conference*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University. 2019; 2: 87–93 (In Russian). <https://elibrary.ru/xhooux>
- Luksin S.V., Suyazova I.V. Influence of the season of the year on the microclimate of the cowshed in «Pashskoe» LLC. *Vestnik studentcheskogo nauchnogo obshchestva*. 2017; 8(1): 197–199 (In Russian). <https://elibrary.ru/xmibal>
- Vtoryi S.V., Vtoryi V.F., Ilyin R.M. Automated mobile system for cow barn microclimate parameter checkout. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2019; (4): 114–121 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10218>
- Vartanova M.L., Drobot E.V. Modern state of the infrastructure maintenance of dairy facilities and the need for their modernization in terms of sanctions. *Journal of International Economic Affairs*. 2018; 8(2): 247–260 (In Russian). <https://doi.org/10.18334/eo.8.2.39060>
- Grechnikova V.Yu., Kondakova I.A., Grigorenko D.V. Studying the influence of high-intensity pulse optical UV radiation of a xenon lamp on pure cultures of microorganisms s. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2021; (1): 5–12 (In Russian). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2021.49.1.001>
- Dovlatov I.M., Yurochka S.S. Efficiency Optimization of Indoor Air Disinfection by Radiation Exposure for Poultry Breeding Rational for Microclimate Systems Modernization for Livestock Premises. Vasant P., Weber G.-W., Thomas J., Marmolejo-Saucedo J.A., Rodriguez-Aguilar R. eds. *Artificial Intelligence for Renewable Energy and Climate Change. Scrivener*. 2022; 371–388. <https://doi.org/10.1002/9781119771524.ch11>
- Kondratieva N.P., Filatov D.A., Terentiev P.V., Al-Helu A.S. Comparative Assessment of Sodium and LED Greenhouse Irradiators Main Characteristics. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020; 14(1): 50–54 (In Russian). <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2020-14-1-50-54>
- Shirobokova T.A., Shuvalova L.A. Energy analysis of the livestock production. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2020; (1): 72–78 (In Russian). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2020_1_72
- Vinnichuk L.B. Improving the efficiency of the intensification of dairy cattle breeding: trends and trends. *Research in Economic and Financial Problems*. 2021; (1); 4 (In Russian). <https://doi.org/10.31279/2782-6414-2021-1-4-1-10>
- Lindkvist S. et al. Effects of achromatic and chromatic lights on pupillary response, endocrinology, activity, and milk production in dairy cows. *PLoS ONE*. 2021; 16(7): e0253776. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253776>
- Dovlatov I.M., Yuferev L.Yu., Mikaeva S.A., Mikaeva A.S., Zheleznikova O.E. Development and Testing of Combined germicidal Recirculator. *Light & Engineering*. 2021; 29(3): 43–49. <https://doi.org/10.33383/2021-023>
- Pilytsikova Yu.A. Kovalenko O.Yu., Ovchukova S.A. Effect of the combined radiation on young birds. *Vestnik of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education «Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin»*. 2012; (2): 29–31 (In Russian). <https://elibrary.ru/rbfkfl>

15. Chamberlain A.T. The use of supplementary lighting in dairy cow housing to increase milk production. *Livestock*. 2018; 23(3): 130–138. <https://doi.org/10.12968/live.2018.23.3.130>
16. Овчукова С.А., Коваленко О.Ю., Журавлева Ю.А. Исследование особенностей применения разрядных ламп для повышения молочной продуктивности крупного рогатого скота. *Вестник НГИЭИ*. 2022; (8): 54–61. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-8-54-61>
17. Музыка А.А., Москалев А.А., Кирикович С.А., Ковалевский И.А., Шматко Н.Н., Шейграцова Л.Н. Параметры микроклимата и комфортность условий содержания животных при применении различных систем штор и типов вытяжной вентиляции в коровниках. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. 2014; 17(2): 308–315. <https://elibrary.ru/vtwhxw>
18. Ланцова Е.О. Изменение концентрации аммиака при уборке навоза КРС скребковым транспортером. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2017; 49: 297–301. <https://elibrary.ru/yokbbk>
19. Андреев Л.Н., Салмина-Ольшко К.Б., Бикчантаева Р.А. Повышение качества макро- и микроклимата животноводческих помещений. *Мир инноваций*. 2018; (1–2): 122–127. <https://www.elibrary.ru/urjgws>
20. Плаксин И.Е., Трифанов А.В. Модель автоматизации процесса навозоудаления на свиноферме. *АгроЭкоИнженерия*. 2021; (1): 99–107. <https://doi.org/10.24411/2713-2641-2021-10282>
21. Кирсанов В.В., Довлатов И.М., Комков И.В., Юрочка С.С. Современные подходы к системам обеспечения параметров воздуха в животноводческих помещениях. *Техника и технологии в животноводстве*. 2022; (4): 61–71. <https://doi.org/10.51794/27132064-2022-4-61>
22. Хохлова К.В. Разработка системы контроля микроклимата животноводческих помещений как инструмента обеспечения качества продукции животноводства. *Теоретические и практические аспекты инновационных достижений в зоотехнии и ветеринарной медицине. Сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции. Курс: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова*. 2022; 243–245. <https://www.elibrary.ru/kerbjy>
23. Второй В.Ф., Второй С.В., Ильин Р.М. Исследование параметров микроклимата коровника переносным измерительным комплексом. *АгроЭкоИнженерия*. 2021; (3): 154–164. <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2021-3108-154-163>
15. Chamberlain A.T. The use of supplementary lighting in dairy cow housing to increase milk production. *Livestock*. 2018; 23(3): 130–138. <https://doi.org/10.12968/live.2018.23.3.130>
16. Ovchukova S.A., Kovalenko O.Yu., Zhuravleva S.A. Study of the peculiarities of the application of disc lamps to increase dairy productivity of cattle. *Bulletin NGIEI*. 2022; (8): 54–61 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-8-54-61>
17. Muzyka A.A., Moskalev A.A., Kirikovitch S.A., Kovalevsky I.A., Shmatko N.N., Sheigratsova L.N. Microclimate parameters and comfort conditions for keeping animals when using various curtain systems and types of exhaust ventilation in barns. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. 2014; 17(2): 308–315 (In Russian). <https://elibrary.ru/vtwhxw>
18. Lantsova E.O. Changes in the concentration of ammonia during the cleaning of cattle manure with a scraper conveyor. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2017; 49: 297–301 (In Russian). <https://elibrary.ru/yokbbk>
19. Andreev L.N., Salmina-Olshko K.B., Bikhchantaeva R.A. Improvement of macro- and microclimate quality of livestock buildings. *World of Innovations*. 2018; (1–2): 122–127 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/urjgws>
20. Plaksin I.E., Trifanov A.V. Automation model of manure removal on a pig farm. *AgroEcoEngineering*. 2021; (1): 99–107 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2713-2641-2021-10282>
21. Kirsanov V.V., Dovlatov I.M., Komkov I.V., Yurochka S.S. The modern approaches to livestock premises' air providing systems parameters. *Machinery and Technologies in Livestock*. 2022; (4): 61–71 (In Russian). <https://doi.org/10.51794/27132064-2022-4-61>
22. Khokhlova K.V. Development of a system to control the microclimate of livestock buildings as a tool to ensure the quality of livestock products. *Theoretical and practical aspects of innovative achievements in zootechnics and veterinary medicine. Collection of scientific articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Kursk: Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov*. 2022; 243–245 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/kerbjy>
23. Vtoryi V.F., Vtoryi S.V., Ilyin R.M. Study of the barn inside climate parameters with a portable measuring complex. *AgroEcoEngineering*. 2021; (3): 154–164 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2021-3108-154-163>

ОБ АВТОРАХ

Игорь Мамедьяревич Довлатов¹,

кандидат технических наук, научный сотрудник
dovlatovim@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Илья Владимирович Комков¹,

специалист
ilyakomkov10@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2407-4584>

Алексей Юрьевич Алипичев²,

кандидат педагогических наук, доцент
alipichev@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8000-4532>

Дмитрий Андреевич Благоев¹,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
aspirantyra2013@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7826-5197>

Сергей Сергеевич Юрочка¹,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
yurochkasr@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

¹ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

² Российский государственный аграрный университет — МСХА
им. К.А. Тимирязева,
ул. Тимирязевская, 47, Москва, 127434, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Igor Mamedyarevich Dovlatov¹,

Candidate of Technical Sciences, Research Associate
dovlatovim@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Ilya Vladimirovich Komkov¹,

Specialist
ilyakomkov10@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2407-4584>

Alexey Yurievich Alipichev²,

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
alipichev@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8000-4532>

Dmitry Andreevich Blagov¹,

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
aspirantyra2013@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7826-5197>

Sergei Sergeevich Yurochka¹,

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
yurochkasr@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

¹ Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institute Passage, Moscow, 109428, Russia

² Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy
named after K.A. Timiryazev,
47 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russia